Luis Ricardo Fernandes da Costa
(Organizador)
GEO
CIÊNCIAS
desafios para o desenvolvimento
e o equilíbrio do meio físico
Atena
Editora
Ano 2023

Luis Ricardo Fernandes da Costa
(Organizador)

GEO CIÊNCIAS

desafios para o desenvolvimento e o equilíbrio do meio físico

Atena Editora
Ano 2023

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

APRESENTAÇÃO

É com grande satisfação que divulgamos mais uma organização de livro na temática das geociências, com o título “Geociências: desafios para o desenvolvimento e o equilíbrio do meio físico”, que apresenta uma série de seis artigos com diferentes abordagens e estudos voltados para a análise ambiental em áreas urbanas, gestão e qualidade dos recursos hídricos, utilização de resíduos sólidos e energias renováveis.

Assim, o livro proporciona diferentes olhares para a discussão na temática ambiental, com o objetivo proposto de reunir textos que procuram discutir o equilíbrio do meio físico. A obra ainda procura cumprir papel fundamental na disseminação de pesquisas nas geociências, principalmente para estudantes de Graduação e Pós-graduação.

Dessa forma, convidamos a comunidade para conferir essa nova obra, com possibilidades e propostas para a aplicação e disseminação das pesquisas em diferentes contextos e realidades.

Luis Ricardo Fernandes da Costa

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

AVALIAÇÃO DO PERÍMETRO URBANO DE GUARAPUAVA-PR, UTILIZANDO ÍNDICES DE VEGETAÇÃO

Data de submissão: 29/07/2023 *Data de aceite: 01/09/2023*

Paulo Nobukuni
Universidade Estadual do Centro-Oeste
Guarapuava – Paraná
http://lattes.cnpq.br/4440485848408171

Clayton Luiz da Silva
Universidade Estadual do Centro-Oeste
Guarapuava – Paraná
http://lattes.cnpq.br/3145718166793003

Renan Valério Eduvirgem
Universidade Estadual de Maringá
Maringá – Paraná
http://lattes.cnpq.br/4616605941748948

Diogo Yukio Uema
Universidade Estadual de Maringá
Maringá – Paraná
http://lattes.cnpq.br/7620546996470016

Edimar Moreira
Universidade Estadual do Centro-Oeste
Guarapuava – Paraná

RESUMO: O presente trabalho teve como objetivo aplicar os índices de vegetação SR, NDVI, SAVI e EVI 2 no perímetro urbano de Guarapuava, Paraná, para mensurar os valores que ocorrem em três áreas verdes, servindo esse estudo de ferramenta para os gestores municipais utilizarem a favor do meio ambiente e conservação dessas áreas. Esse trabalho se justifica pela carência de estudos com a finalidade que foi proposta para a área em estudo, bem como para o ano em questão – 2021. Nos resultados são apresentados os mapas e valores dos índices do perímetro urbano de Guarapuava, e destacou-se também no mapeamento três áreas verdes urbanas, o Parque Municipal das Araucárias, área verde a noroeste e a sudeste. Além da variabilidade espacial foi determinado os valores mínimos, máximos, média, desvio padrão e coeficiente de variação. Nas considerações finais denotou-se que trabalhar com mais de um índice de vegetação foi vantajoso, pois cada índice cumpriu seu papel no perímetro urbano diferenciando as áreas com e sem vegetação, bem como a variação espacial da cobertura vegetal, da menor para a maior. Nos mapas apresentados foi possível visualizar a saturação do NDVI, bem como apresentar brevemente do que se trata essa temática. Determinou-se que os índices NDVI, SAVI e EVI 2 tiveram CV inferior ao SR.

PALAVRAS-CHAVE: Vegetação. Índices de vegetação. Landsat 8.

EVALUATION OF THE URBAN PERIMETER OF GUARAPUAVA-PR, USING VEGETATION INDICES

ABSTRACT: The present work aimed to apply the SR, NDVI, SAVI and EVI 2 vegetation indices in the urban perimeter of Guarapuava, Paraná, to measure the values that occur in three green areas, serving this study as a tool for municipal managers to use in favor of of the environment and conservation of these areas. This work is justified by the lack of studies with the purpose that was proposed for the area under study, as well as for the year in question - 2021. The results show the maps and values of the indexes of the urban perimeter of Guarapuava, and highlighted also in the mapping three urban green areas, the Parque Municipal das Araucárias, green area to the northwest and southeast. In addition to spatial variability, minimum and maximum values, mean, standard deviation and coefficient of variation were determined. In the final considerations, it was noted that working with more than one vegetation index was advantageous, as each index fulfilled its role in the urban perimeter by differentiating areas with and without vegetation, as well as the spatial variation of vegetation cover, from the smallest to the largest. In the maps presented, it was possible to visualize the saturation of the NDVI, as well as to briefly present what this theme is about. It was determined that the NDVI, SAVI and EVI 2 indices had a lower CV than the SR.
KEYWORDS: Vegetation. Vegetation indices. Landsat 8.

1 | INTRODUÇÃO

Os índices de vegetação são fundamentais para análise espacial aplicada à degradação florestal, regeneração florestal e no monitoramento da vegetação em Área de Preservação Permanente (APP), bem como em áreas urbanas (PONZONI; SHIMABUKURO; KUPLICH, 2012; MAGALHÃES; CARVALHO JUNIOR; SANTOS, 2017).

Entre os índices presentes na literatura, alguns são utilizados com maior recorrência, tal como o índice Razão Simples - *Simple Ratio* - (SR), Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), Índice de Vegetação Ajustado para o Solo (SAVI) e o Índice de Vegetação Melhorado 2 (EVI 2).

Trabalhar com índices multiespectrais em áreas urbanas é essencial, pois os valores são registrados e servem de base para a gestão e planejamento territorial. Esses dados e informações geradas também servem de comparativo para estudos subsequentes, trabalhos técnicos, laudos e perícias.

O geógrafo possui habilidades para execução dessa atividade, regulamentada pela lei n. 6.664 de 26 de junho de 1979, que conferiu o reconhecimento legal no território nacional. Para o caso do mapeamento, destaca-se o artigo 3°, que reconhece, na alínea “b”, como competências desse profissional, para o “equacionamento e solução, em escala nacional, regional ou local, de problemas atinentes aos recursos naturais do País”; e na alínea “m”, “no levantamento e mapeamento destinados à solução dos problemas regionais” (BRASIL, 1979).

Desse modo, o geógrafo tem amparo legal para trabalhar com mapeamentos,

utilizando sensoriamento remoto com índices multiespectrais.

2 I OBJETIVO

O presente trabalho tem o objetivo de aplicar os índices de vegetação SR, NDVI, SAVI e EVI 2 no perímetro urbano de Guarapuava, Paraná, para mensurar os valores que ocorrem em três áreas verdes, utilizando cenas de outono e inverno – uma de cada estação –, servindo esse estudo de ferramenta para os gestores municipais, utilizarem a favor do meio ambiente e conservação dessas áreas.

Esse trabalho se justifica pela carência de estudos com a finalidade que foi proposta para a área em estudo, bem como para o ano em questão – 2021.

3 I PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Localização e descrição da área

O município de Guarapuava está localizado na região centro-sul do estado do Paraná, Sul do Brasil (Figura 01). Esse município possui população de 167.328 habitantes – dados do censo demográfico de 2010 –, e estimativa de 183.755 habitantes para 2021 (IBGE, 2022); aumento aproximado de 8,94% em 11 anos.

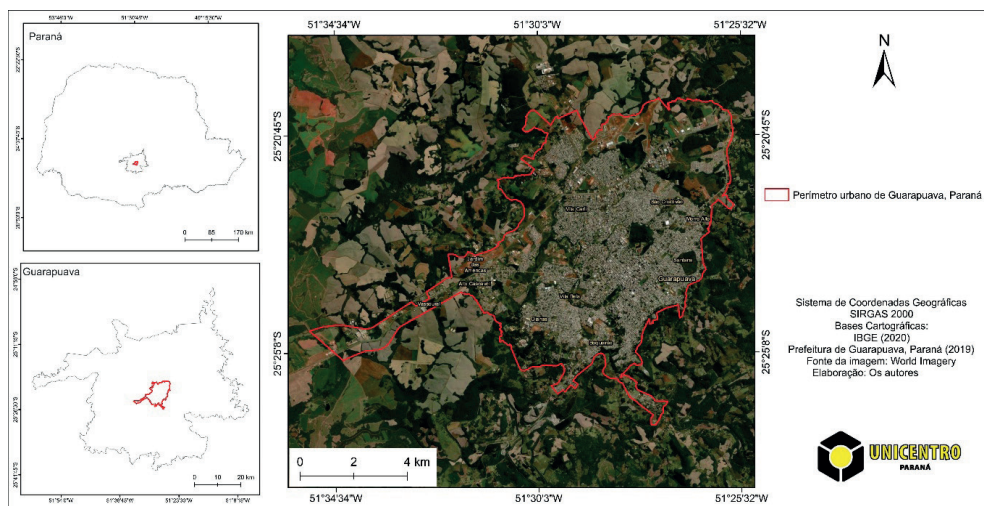



Figura 01. Mapa de localização do perímetro urbano de Guarapuava, Paraná

A vegetação original é composta por Floresta Ombrófila Mista (FOM). Em estudo desenvolvido em áreas de nascentes na zona rural por Lima et al. (2012), foram identificadas as seguintes famílias: Anacardiaceae, Annonaceae, Aquifoliaceae, Caprifoliaceae,

Clethraceae, Elaeocarpaceae, Erythroxyllaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Lauraceae, Laxmanniaceae, Melastomataceae, Meliaceae, Myrsinaceae, Myrtaceae, Rhamnaceae, Rosaceae, Rutaceae, Sapindaceae, Solanaceae, Styracaceae, Symplocaceae.

Com relação ao clima, de acordo com a classificação climática de Köppen, a área corresponde ao tipo Cfb - caracterizado por ser mesotérmico, sempre úmido, com verões brandos - com temperaturas médias anuais entre 14°C e 19°C; e precipitação anual entre 1.250 e 2.000 mm.

3.2 Procedimentos de laboratório

Nesse estudo utilizaram-se imagens do satélite Landsat 8 - *Operational Land Imager* (OLI). As cenas foram adquiridas no repositório do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

O dado Landsat consiste em imagens multiespectrais para a observação dos objetos presentes na superfície terrestre; tal dado é desenvolvido pela Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço - NASA.

A resolução espacial para o sensor OLI é de 30 m, com exceção da banda pancromática que é 15 m. A resolução temporal é de 16 dias, e, a radiométrica de 16 *bits*.

Nesse estudo foram utilizadas duas cenas com datas de 23 de maio de 2021 para a estação de outono – órbita/ponto 222/078–, e 26 de julho de 2021 para a estação de inverno – órbita/ponto 222/077–. As imagens passaram por correção atmosférica no programa ENVI 5.3®, sendo utilizado o algoritmo de correção *Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Hypercubes* (FLAASH) (ARIAS; ZAMORA; BOLANOS, 2014). Ressalta-se que se elencaram as estações de outono e inverno, pelo fato de não ocorrer nuvens sobre a área de estudo para o ano analisado.

Os índices de vegetação foram calculados no programa Qgis 3.16.16. As equações abaixo (Eq. 01, 02, 03) foram extraídas do livro escrito por Ponzoni, Shimabukuro e Kuplich (2012) intitulado “sensoriamento remoto da vegetação”; a equação 04 de Jiang et al. (2008).

O índice Razão Simples (SR) é resultante da equação 01; o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) foi gerado conforme a equação 02; o Índice de Vegetação Ajustado para o Solo (SAVI) de acordo com a equação 03; e o Índice de Vegetação Melhorado 2 (EVI 2) com a equação 04.

$$SR = \rho NIR / \rho Red \quad \text{Eq. 01}$$

$$NDVI = (\rho NIR - \rho Red) / (\rho NIR + \rho Red) \quad \text{Eq. 02}$$

$$SAVI = [(\rho NIR - \rho Red) / (\rho NIR + \rho Red + L)] * (1 +L) \quad \text{Eq.03}$$

$$EVI\ 2 = 2.5 * (NIR - RED) / (NIR + 2.4 * RED + 1) \quad \text{Eq. 04}$$

Em que:

SR = Razão Simples;

NDVI = Índice de Vegetação por Diferença Normalizada;

SAVI = Índice de Vegetação Ajustado para o Solo;

EVI 2 = Índice de Vegetação Melhorado 2;

ρNIR = Reflectância na banda do infravermelho próximo;

ρRed = Reflectância na banda do vermelho;

No que tange ao SAVI, L = é a constante que minimiza o efeito do solo e pode variar de 0 a 1. Segundo Huete (1988), os valores ótimos de L são: L = 1 para densidades baixas de vegetação, L = 0,5 para densidades médias e L = 0,25 para densidades altas. Nesse estudo, ao analisar espacialmente a área, optou-se pela constante de 0,5.

Foi realizado o cálculo da média aritmética simples utilizando a equação 05, e o desvio padrão com a equação 06.

$$\overline{X} = \frac{\Sigma x_i}{n} \qquad \text{Eq. 05}$$

Em que:

$\overline{X}$ = representa a média de um conjunto de dados;

X = representa a variável em estudo;

x_i = representa o valor da variável em uma observação específica;

n = representa o número de dados envolvidos no cálculo da média.

$$s = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{X})^2}{n-1}} \qquad \text{Eq. 06}$$

Em que:

s = desvio padrão da amostra;

$\sum$ = somatório;

x_i = representa o valor da variável em uma observação específica;

$\overline{X}$ = representa a média de um conjunto de dados;

n = representa o número de dados envolvidos no cálculo da média.

Calculou-se também o coeficiente de variação (CV), equação 07. De acordo com Pimentel-Gomes (1985), esse coeficiente apresenta uma noção de precisão do experimento. Souza et al. (2018) denotam que o CV é uma medida de dispersão. Doria filho (1999) descreve que o CV permite comparar dispersões de dados com unidades de medida diferentes.

$$CV = \frac{s}{\bar{X}} * 100 \qquad \text{Eq. 07}$$

Em que:

CV = Coeficiente de Variação;

s = desvio padrão da amostra;

$\bar{X}$ = média da amostra.

Os índices NDVI, SAVI e EVI 2 possuem valores entre -1 e +1, em que quanto mais próximo de +1 maior a densidade de cobertura vegetal; o SR é adimensional. Os *layouts* de todos os mapas foram confeccionados nos programas ArcGIS 10® e CorelDraw X8®. Os cálculos das estatísticas descritivas foram realizados no ArcGIS 10® e Microsoft Excel 365®.

4 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os índices multiespectrais de vegetação – SR, NDVI, SAVI e EVI 2 – apresentaram valores distintos, nas estações de outono e inverno. Os índices SAVI e EVI 2 expressaram valores máximos iguais 0,69 e 0,76 respectivamente, para as estações analisadas. O índice SR apresentou valor máximo de 31,03 no outono e 28,01 no inverno, o NDVI +1 e 0,93, na devida ordem para as estações (Figuras 02 e 03).

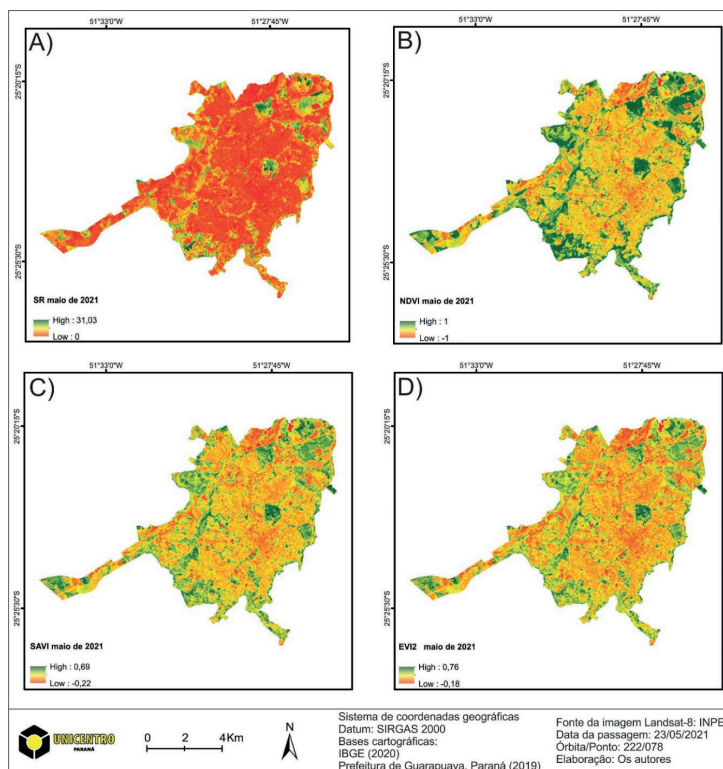



Figura 02. Índices espectrais do mês de maio. A) SR, B) NDVI, C) SAVI, D) EVI 2

A distribuição espacial dos valores dos índices apresentou diferenças, principalmente do SR que é adimensional. Os demais também expressaram diferenças, com maior rigor na intensificação dos valores, uma vez que apresentam variações devido as equações (Figuras 02 e 03). É importante ressaltar que o SR mesmo sendo adimensional, cumpre o papel na identificação da vegetação com maior densidade para as de menor, bem como para alvos que não possuem cobertura vegetal.

O NDVI foi proposto na década de 1970 por Rouse et al. (1973) e, na década seguinte, Sellers (1985) discutiu a saturação desse índice. Tal fato ocorre devido ao fechamento do dossel, havendo retenção da radiação proveniente do solo (MAGALHÃES, 2022); nas figuras 02 e 03 pode-se observar a saturação.

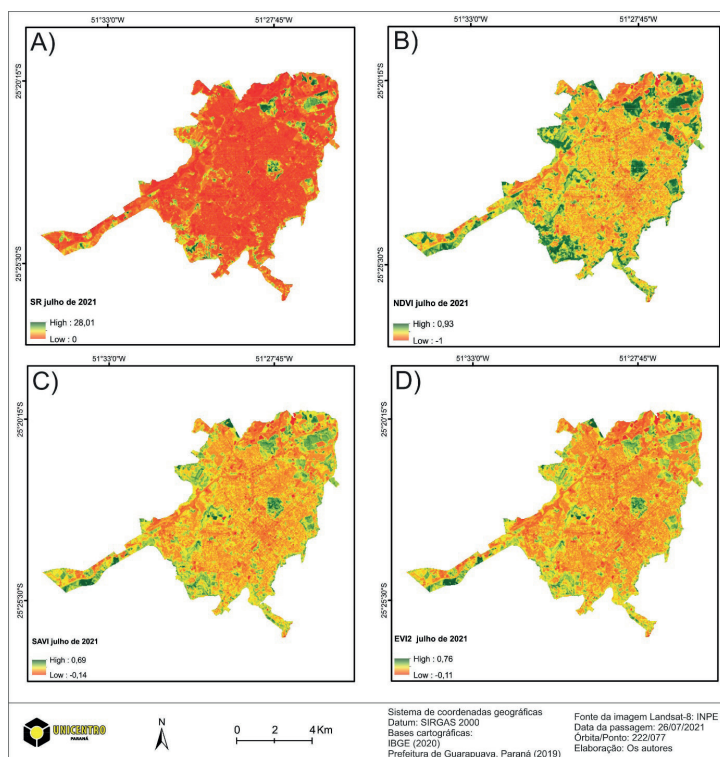



Figura 03. Índices espectrais do mês de julho. A) SR, B) NDVI, C) SAVI, D) EVI 2

Sobre a saturação Zanzarini et al. (2013, p. 610) denotaram: "Uma peculiaridade atribuída ao NDVI é sua rápida saturação que o torna insensível ao aumento da biomassa vegetal a partir de determinado estágio de desenvolvimento, ou seja, o índice estabiliza em um patamar apresentando um mesmo valor, embora com o aumento da densidade do dossel".

Eduvirgem et al. (2022) utilizaram o NDVI e o SR em um parque urbano na cidade de Maringá, Paraná, e nos mapas confeccionados pelos autores, nota-se a saturação do

NDVI, e a melhor distinção em algumas áreas do parque pelo SR.

Na figura 04 é possível observar que os índices apresentaram bom desempenho para diferenciar as áreas com maior densidade de cobertura vegetal, em relação ao entorno que é composto por fixos urbanos.

As duas áreas verdes (Figura 04) correspondem ao domínio do exército. A localizada a noroeste apresenta densidade superior de cobertura florestal em relação a localizada a sudeste, que possui ampla cobertura por gramíneas concomitante aos indivíduos arbóreos. A interpretação da análise espacial é corroborada pelos valores dos índices apresentados na tabela 01.

Determinou-se para essas áreas verdes, e também para o Parque Municipal das Araucárias, os valores mínimo, máximo, média e desvio padrão de cada índice e para cada estação – outono e inverno –, na respectiva ordem (Tabela 01).

Área verde a noroeste								
	Mínimo (outono)	Máximo (outono)	Média (outono)	Desvio padrão (outono)	Mínimo (inverno)	Máximo (inverno)	Média (inverno)	Desvio padrão (inverno)
SR	1,21	20,33	9,12	4,49	1,22	17,71	6,70	3,70
NDVI	0,09	0,90	0,73	0,16	0,10	0,89	0,66	0,18
SAVI	0,04	0,62	0,40	0,10	0,06	0,52	0,34	0,09
EVI 2	0,03	0,65	0,40	0,11	0,05	0,53	0,33	0,09

Área verde a sudeste								
	Mínimo (outono)	Máximo (outono)	Média (outono)	Desvio padrão (outono)	Mínimo (inverno)	Máximo (inverno)	Média (inverno)	Desvio padrão (inverno)
SR	1,62	15,34	8,03	2,94	1,52	12,22	5,76	2,59
NDVI	0,23	0,88	0,74	0,10	0,20	0,84	0,65	0,14
SAVI	0,12	0,52	0,38	0,06	0,10	0,47	0,31	0,07
EVI 2	0,11	0,53	0,37	0,06	0,09	0,48	0,30	0,07

Parque Municipal das Araucárias								
	Mínimo (outono)	Máximo (outono)	Média (outono)	Desvio padrão (outono)	Mínimo (inverno)	Máximo (inverno)	Média (inverno)	Desvio padrão (inverno)
SR	1,39	19,99	11,01	3,56	0,51	16,88	8,57	3,55
NDVI	0,16	0,90	0,80	0,09	-0,31	0,88	0,74	0,13
SAVI	0,05	0,57	0,38	0,06	-0,03	0,48	0,34	0,06
EVI 2	0,04	0,60	0,37	0,07	-0,03	0,49	0,32	0,07

Tabela 01. Valores dos índices para as estações de inverno e outono

Os maiores valores dos índices de vegetação foram determinados na estação de outono, nas três áreas verdes. O maior valor de SR (20,33) foi identificado na área verde

a noroeste, valor próximo do Parque Municipal das Araucárias 19,99. No entanto, quando se verifica o valor médio, a primeira obteve SR 9,12 e a segunda 11,01. Na área verde a sudeste quantificou-se os menos valores máximos (15,34 no outono e 12,22 no inverno) e médio (8,03 no outono e 5,76 no inverno) de SR (Tabela 01).

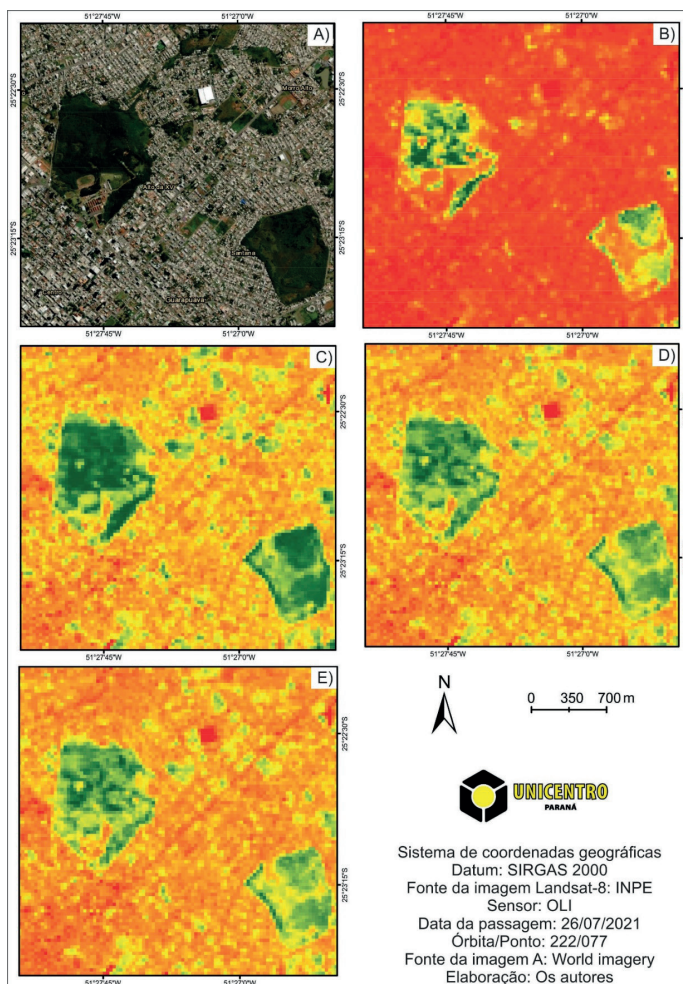



Figura 04. Destaque para o bairro Alto da XV e entorno, com as áreas verdes. A) Visível, B) SR, C) NDVI, D) SAVI, E) EVI 2

Com relação ao NDVI os valores máximos foram superiores a 0,83 e médios 0,64, para o SAVI 0,46 e 0,30, e o EVI 2 0,47 e 0,29, respectivamente (Tabela 01).

Na figura 05, se pode verificar que há variabilidade espacial da vegetação, sendo expressiva a maior quantidade de vegetação densa principalmente na porção central e oeste do Parque Municipal das Araucárias.

O maior valor médio de NDVI das áreas verdes, foi registrado no Parque

Municipal das Araucárias, possivelmente por apresentar a maior cobertura vegetal, e pelas características da formação florestal. Cordeiro e Rodrigues (2007) realizaram a caracterização fitossociológica desse remanescente de FOM, sendo determinada as espécies com maior valor de importância (VI). Os autores destacaram que a espécie com maior VI foi a *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, sequenciada por *Campomanesia xanthocarpa* (Mart.) O. Berg,, *Casearia decandra* Jac., *Capsicodendron dinisii* (Schwacke) Occhioni, e entre outras espécies. Ibidem (p. 547) denotou ainda que as [...] "parcelas instaladas perfizeram uma área de 0,32 ha, onde foram mensurados 447 indivíduos que proporcionalmente representam uma média de 1.397 indivíduos/ha".

Ainda com relação ao Parque Municipal das Araucárias, Cordeiro, Roderjan e Rodrigues (2011) promoveram o levantamento florístico das espécies lenhosas e identificaram 107 espécies, pertencentes a 77 gêneros e 41 famílias botânicas. Os autores também identificaram *Araucaria angustifólia*, e mencionaram que as espécies *Allophylus edulis* (A. St.-Hil., A. Juss & Cambess.) Hieron. ex Niederl., *Casearia decandra* Jacq., *Cedrela fissilis* Vell., *Cinnamodendron dinisii* Schwacke, *Jacaranda puberula* Cham., *Matayba elaeagnoides* Radlk., *Ocotea porosa* (Nees & Mart.) Barroso, *Ocotea puberula* (Rich.) Nees, *Ocotea pulchella* (Nees) Mez, *Schinus terebinthifolius* Raddi, *Vernonanthura discolor* (Spreng.) H. Rob. e *Zanthoxylum rhoifolium* Lam, podem ser consideradas companheiras da *Araucaria angustifólia.*

No que tange ao CV, ele foi maior para o SR em relação aos demais índices de vegetação, tanto para a estação de outono quanto de inverno. Ademais, com exceção do EVI 2 na área verde a noroeste, o CV foi maior na estação do inverno (Tabela 02).

Área verde a noroeste		
	CV % (outono)	CV % (inverno)
SR	49,23	55,22
NDVI	21,92	27,27
SAVI	25,00	26,47
EVI 2	27,50	27,27
Área verde a sudeste		
	CV % (outono)	CV % (inverno)
SR	36,61	44,97
NDVI	13,51	21,54
SAVI	15,79	22,58
EVI 2	16,22	23,33
Parque Municipal das Araucárias		
	CV % (outono)	CV % (inverno)
SR	32,33	41,42
NDVI	11,25	17,57
SAVI	15,79	17,65
EVI 2	18,92	21,88

Tabela 02. Coeficiente de variação das áreas analisadas

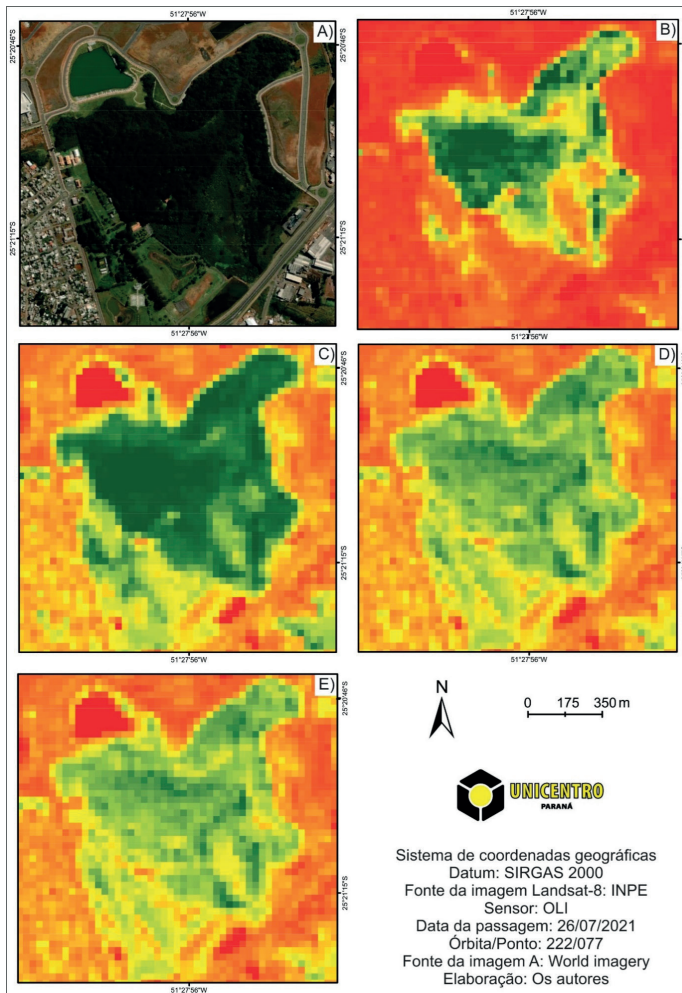



Figura 05. Destaque para o Parque Municipal das Araucárias e entorno. A) Visível, B) SR, C) NDVI, D) SAVI, E) EVI 2

Estudos presentes na literatura com valores próximos ao deste trabalho, foram determinados por Wu et al. (2019), Santos et al. (2020), Rigoldi, Sousa e Caraminan (2020) e Eduvirgem et al. (2022).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho conseguiu atender ao objetivo proposto. Trabalhar com mais de um índice de vegetação foi vantajoso, pois cada índice cumpriu seu papel no perímetro urbano diferenciando as áreas com e sem vegetação, bem como a variação espacial da cobertura vegetal, da menor para a maior.

Nos mapas apresentados foi possível visualizar a saturação do NDVI, bem como

apresentar brevemente do que se trata essa temática. Determinou-se que os índices NDVI, SAVI e EVI 2 tiveram CV inferior ao SR.

Guarapuava é um município pouco explorado no âmbito do sensoriamento remoto, principalmente no que tange aos índices de vegetação. Desse modo, sugere-se que novos estudos sejam realizados tanto na zona rural quanto urbana.

Por fim, esse trabalhou documentou os valores de SR, NDVI, SAVI e EVI 2 para o ano de 2021, servindo esses dados e informações geradas como ferramenta para os gestores públicos utilizarem a favor da conservação ambiental. Recomenda-se que novos trabalhos sejam realizados no perímetro urbano com enfoque para as áreas verdes, uma vez que existem outras áreas para serem analisadas. Existe também a carência de estudo multitemporal das áreas verdes de Guarapuava. Desse modo, evidencia-se a necessidade de mais pesquisas.

REFERÊNCIAS

ARIAS, H. A.; ZAMORA, R. M.; BOLANOS, C. V. Metodología para la corrección atmosférica de imágenes Aster, RapidEye, Spor 2 y Landsat 8 con el modulo FLAASH del software ENVI. **Revista Geográfica de América Central**, v. 2, n. 53, p. 39-59, 2014.

BRASIL. Lei n°. 6.664, de 26 de junho de 1979. **Disciplina a profissão de Geógrafo e dá outras providências**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1970-1979/l6664.htm>. Acesso em: 02 dez. 2022.

CORDEIRO, J.; RODERJAN, C. V.; RODRIGUES, W. A. Plantas lenhosas da Floresta Ombrófila Mista do Parque Municipal das Araucárias – Guarapuava (PR). **Ambiência**, v. 7, n. 3, p. 441-460, 2011.

CORDEIRO, J.; RODRIGUES, W. A. Caracterização fitossociológica de um remanescente de Floresta Ombrófila Mista em Guarapuava, PR. **Revista Árvore**, v. 31, n. 3, p. 545-554, 2007.

DORIA FILHO, U. **Introdução à Bioestatística:** para simples mortais. Editora Elsevier, 1999.

EDUVIRGEM, R. V.; UEMA, D. Y.; GERMANO, P. J. M. M. T.; ZEIDAN, D. N. M.; PERIÇATO, A. J.; SOARES, C. R. Parque do Ingá, Maringá, Paraná: análise da vegetação utilizando o Landsat 8 OLI. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, v. 16, n. 2, p. 198-215, 2022.

HUETE, A. R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, v. 25, p. 295-309, 1988.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Cidades**. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/guarapuava/panorama. Acesso em: 24 nov. 2022.

JIANG, Z.; HUETE, A. R.; DIDAN, K.; MIURA, T. Development of a two-band enhanced vegetation index without a blue band. **Remote Sensing of Environment**, v. 112, p. 3833-3845, 2008.

LIMA, T. E. O.; HOSOKAWA, R. T.; MACHADO, S. A.; KLOCK, U. Caracterização fitossociológica da vegetação no entorno de nascentes de um fragmento de Floresta Ombrofila Mista Montana na bacia do rio das Pedras, Guarapuava (PR). **Ambiência**, v. 8, n. 2, p. 229-244, 2012.

MAGALHÃES, I. A. L.; CARVALHO JUNIOR, O. A.; SANTOS, A. R. Análise comparativa entre técnicas de sensoriamento remoto para mensuração da vegetação urbana no município de Alegre, ES. **Revista Cerrados**, v. 15, n. 1, p.156-177, 2017.

MAGALHÃES, L. P. **Imageamento aéreo por aeronave remotamente pilotada e satélite na cultura do milho: saturação de índices vegetativos e alternativas**. 2022. 99 f. Tese (Doutorado em Ciências). Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2022.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. São Paulo: USP/ESALQ, 1985.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, T. M. **Sensoriamento remoto da vegetação**. 2 ed. São Paulo: Oficina de textos, 2012. 176 p.

RIGOLDI, K. C.; SOUSA, J. P.; CARAMINAN, L. M. Análise da vegetação de 2008 e 2018 do município de Sarandi: Aplicação do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI). **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 16, n. 6, p. 75-84, 2020.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS, In: FREDEN, S. C.; MERCANTI, E. P.; BECKER, M. (Eds) **Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium**. Volume 1: Technical Presentations, p. 309-317, 1973.

SANTOS, A. P.; SIMIONATTO, H. H.; FELICI, E. M. Variação do índice NDVI e da temperatura da superfície terrestre na malha urbana do município de Paracatu–MG entre 1985 e 2005. **Colloquium Exactarum**, v. 12, n. 2, p.119-129, 2020.

SELLERS, P. J. Canopy reflectance, photosynthesis and transpiration, **International Journal of Remote Sensing**, v. 6, n. 8, p. 1335-1372, 1985.

SOUZA, D. V.; OLIVEIRA, T. W. G.; PIVA, L. R. O.; SANTOS, J. X.; SANQUETTA, C. R.; CORTE, A. P. D. **Introdução ao R:** Aplicações Florestais. Curitiba: Ed. do Autor, 2018.

WU, Z.; CHEN, R.; MEADOWS, M. E.; SENGUPTA, D.; XU, D. Changing urban green spaces in Shanghai: trends, drivers and policy implications. **Land Use Policy**, v. 87, 104080, 2019.

ZANZARINI, F. V.; PISSARRA, T. C. T.; BRANDÃO, F. J. C.; TEIXEIRA, D. D. B. Correlação espacial do índice de vegetação (NDVI) de imagem Landsat/ETM+ com atributos do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 6, p.608-614, 2013.

ESTIMACIÓN DE LA PLATAFORMA ENERGÉTICA SOLAR DISPONIBLE EN LA REGIÓN DE LOS ANDES VENEZOLANOS

Data de aceite: 01/09/2023

Uxmal Amezquita
Escuela de Ingeniería Mecánica, Universidad Central de Venezuela Caracas - Venezuela

Julio Alvares
Tesistas del Instituto Universitario de Tecnología del Oeste Mariscal Sucre (IUTOMS)

Yesika Hurtado
Tesistas del Instituto Universitario de Tecnología del Oeste Mariscal Sucre (IUTOMS)

Carlos Ulloa
Tesistas del Instituto Universitario de Tecnología del Oeste Mariscal Sucre (IUTOMS)

María Varela
Tesistas del Instituto Universitario de Tecnología del Oeste Mariscal Sucre (IUTOMS)

RESUMEN: El objetivo de estimar la plataforma energética solar disponible de la Región de los Andes Venezolanos, la cual esta conformada por los Estados Mérida, Táchira y Trujillo, fue obtener valores procesados de radiación solar global (H), directa (Rdir) y difusa (Rdif) a fin de conocer su comportamiento para usos de tecnologías solares. Se procesaron los datos promedios diarios de H para un periodo de 5 años por cada una de las 3 estaciones meteorológicas pertenecientes a zonas bioclimáticas distintas de los Estados mencionados y se determinaron los valores de Rdif y Rdir por dos modelos (Erbs y Collares Pereira Ralb). Se analizaron las gráficas de comportamiento de las radiaciones con base a los promedios mensuales. Entre las conclusiones están: La mayor H por Estado fue 15,89MJ/m2 (Trujillo), 16,11MJ/m2 (Táchira) y la mayor por región 20,96MJ/m2 (Merida) y la mayor Rdif (ERBS) por Estado fue 11,33MJ/m2 (Táchira), 11,37MJ/m2 (Merida) y la mayor por región 11,45MJ/m2 (Trujillo).

PALABRAS-CLAVE: Análisis energético, Radiación global, Radiación difusa

ABSTRACT: The objective of estimating the available solar energy platform of the Venezuelan Andes Region, which is made up of the States of Mérida, Táchira and Trujillo, was to obtain processed values of global solar radiation (H), direct (Rdir) and diffuse (Rdif) in order to know its behavior for uses of solar technologies. The daily average H data for a period of 5 years were

processed for each of the 3 meteorological stations belonging to different bioclimatic zones of the mentioned States and the values of Rdif and Rdir were determined by two models (Erbs and Collares Pereira Ralb) . Radiation performance graphs were analyzed based on monthly averages. Among the conclusions are: The highest H per State was 15.89MJ/m2 (Trujillo), 16.11MJ/m2 (Táchira) and the highest per region 20.96MJ/m2 (Merida) and the highest Rdif (ERBS) per State It was 11.33MJ/m2 (Táchira), 11.37MJ/m2 (Merida) and the highest by region 11.45MJ/m2 (Trujillo).
KEYWORDS: Energy analysis, Global radiation, Diffuse radiation

INTRODUCCIÓN

En la actualidad existen diversas tecnologías para la captación y aprovechamiento de energía solar y entre las más usadas se encuentran: la tecnología fotovoltaica, los colectores solares, los concentradores solares, la tecnología solar pasiva (alumbrado, enfriamiento y calefacción de edificios) entre otras. Para ser factibles las tecnologías antes mencionadas, dependen del equipo y de los costos de operación, del porcentaje de radiación solar que puede convertirse en el producto de energía deseado y de la cantidad de radiación solar disponible en el sitio de colocación, y es por ello que resulta fundamental en primera instancia, tener acceso a datos precisos de la radiación solar ya que mientras se conozcan los recursos de energía solar con más exactitud, tanto más se podrá perfeccionar los sistemas de energía solar y su selección. Por lo tanto, la obtención de los datos en forma exhaustiva, bien detallados sobre radiación solar, así como su forma de procesamiento es un factor esencial en el diseño de sistemas de energía solar. De lo anterior se infiere que la simulación del comportamiento dinámico de esos sistemas de energía solar a lo largo del tiempo es altamente necesaria para establecer su eficiencia, su desempeño y su confiabilidad. Para ello se requiere, entre otras variables que intervienen en un estudio de esa naturaleza tanto del conocimiento riguroso, como la contribución de las componentes directa y difusa de la radiación solar global medida en la superficie de la tierra.

Sobre la atmósfera se recibe un promedio de radiación solar (constante solar) de 1367 W/m2, valor establecido por la Organización Mundial de Meteorología, pero a nivel del suelo la radiación varía entre 0 a 1000 W/m2. Esta atenuación de los valores de radiación y su variabilidad en el tiempo se debe a varios factores, como son los efectos de absorción y difusión de la atmósfera, los astronómicos, los meteorológicos y el tipo de vegetación. Es por ello que para dos lugares que presenten las mismas características astronómicas (solo variando la longitud), no deberían presentar los mismos niveles de radiación solar global, directa y difusa.

El presente trabajo analiza el comportamiento en el tiempo de la radiación solar global, directa y difusa (usando herramientas de cálculo y estadísticas) de 3 estaciones meteorológicas diseminadas a lo largo y ancho de la región de los Andes Venezolanos, cuya zonas bioclimáticas predominantes son variadas tales como: bosques de altura

tropofitos, bosques tropofitos húmedos, sabanas de altura entre otros y están distribuidas estratégicamente entre los Estados: Mérida, Táchira y Trujillo (ver Fig.1); todo con el fin de determinar y comparar el potencial energético solar de cada Estado y con base a lo anterior, tratar de estimar (por fusión de datos) el potencial o plataforma energética solar de todo la región de los Andes Venezolanos.

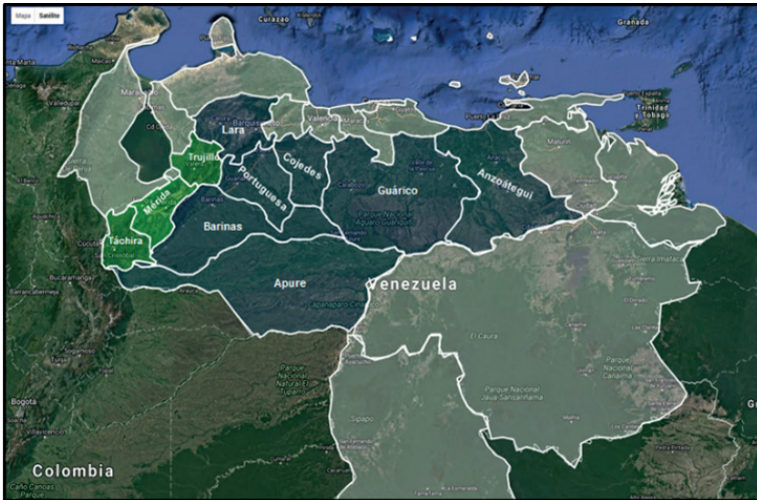



Fig 1. Estados de la Región de los Andes de Venezuela (verde claro)

MARCO METODOLOGICO

Definición de los Datos y Zonas de Estudio

De las Estaciones Meteorológicas pertenecientes al Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH) diseminadas a lo largo y vasto de la region de los Andes en Venezuela, se seleccionaron 3 de ellas por cumplir con los requerimientos para este estudio (insignes del instituto, registro de por lo menos 5 años consecutivos en cada Estación, datos confiables y certificados, gran número de variables meteorológicas, ubicación en zonas bioclimaticas representativas de cada Estado), las cuales fueron las siguientes:

Del Estado Mérida:

Mérida (latitud 8°36´0´´, longitud -71°9´0´´, 1870 m.s.n.m, 1967-1971)

La Zona Bioclimatica (Koppen) predominante en este Estado es: Sabanas herbazales y bosques de altura tropofitos. Clima templado de altura

Del Estado Táchira:

Bramon Escuela (latitud 7°39´22´´, longitud -72°56´4´´, 1105 m.s.n.m, 1982- 1986)

Zona Bioclimatica (Koppen) predominante: Sabanas herbazales, bosques tropofitos

humedos en combinación de suelos aridos con vegetacion xerofila con montes espinosos.

Del Estado Trujillo:

La Ceiba (latitud 9°28´21´´, longitud -71º9´00´´, 2 m.s.n.m, 1990- 1994)

Zona Bioclimatica (Koppen) predominante: Sabanas herbazales y bosques de altura tropofitos.

INAMEH suministró los datos promedios diarios de la radiación solar global (H) de los periodos mencionados de cada una de las estaciones seleccionadas (5070 datos en total).

Del Procesamiento de los Datos

Se construyó una base de datos bajo plataforma Microsoft Excel 2007 for Windows con los datos promedios diarios de la radiación solar global (H) suministrados y se ordenaron secuencialmente bajo un esquema diario por mes, por año, por Estacion Meteorologica (esquema fecha calendario). Los datos faltantes (7.4% del total) fueron completados por el promedio aritmetico de la familia de datos de igual fecha calendario del dato faltante.

A partir de la latitud de cada Estación Meteorológica se calculó para cada uno de los 365 días del año el valor de la radiación solar extraterrestre (Ho) (Duffie y Beckman, 1991) y se asoció a cada valor de H con su valor respectivo de Ho según el esquema de fecha calendario. Se determinó el índice de claridad diario (kt) (Duffie y Beckman, 1991) asociado a cada valor de H y de Ho de cada zona, bajo el esquema de fechas calendario. Después se calculó la radiación solar difusa (Rdif) y directa (Rdir) diarias para cada valor de H y kt de cada Estacion Meteorologica, según dos modelos de la referencia internacional el modelo de Erbs (con ws > 81.4º) (Erbs, Klein y Duffie, 1982) y el modelo de Collares – Pereira – Ralb (CPR) (Collares-Pereira y Ralb, 1979). Realizado lo anterior y con la base de datos conformada por los campos H, kt, Ho, Rdif-Erbs, Rdir-Erbs, Rdif-CPR y Rdir-CPR de cada Estaciones Meteorologicas para cada Estado en estudio (268275 datos totales), se procedio con el mismo software (Microsoft Excel 2007 for Windows) a determinar los parametros clásicos estadísticos (promedio aritmético, mediana, moda y desviación típica) en tres diferentes niveles de tiempo base de procesamiento de cada campo por Estación.

El procesamiento de los datos se realizo en tres diferentes bases de tiempo configurados en promedio diario (bajo el esquema de fecha calendario), en promedio mensual y promedio anual para cada uno de los campos, obteniendose el perfil energético solar del área de cada Estacion Meteorológica; luego se fusionaron los datos de todas las Estaciones correspondientes a un Estado, dando como resultado lo que se denomino zona ficticia del Estado en evaluacion, cuyo fin es el de tener una aproximación al comportamiento macro en cada campo como si fuera el comportamiento real del Estado, de aqui se define la plataforma energetica solar de cada Estado de la Region de los Andes Venezolanos.

Por ultimo para definir la plataforma energética solar de la Región de los Andes

Venezolanos como un todo, se realizo un procedimiento similar al efectuado en cada Estado, de fusion de datos por campo de todas las Estaciones Meteorologicas bajo el esquema de procesamiento de tres diferentes bases de tiempo.

Como resultado de lo descrito anteriormente, se obtuvo tablas de estadísticos por cada campo mencionado, según el tiempo base de procesamiento en cada Estacion Meteorologica de cada Estado y por fusion de datos para la Region de los Andes en general, esquemas de distribución por frecuencias promedio mensual de los campos de estudio y gráficas de comportamiento mensual.

Para el presente artículo y por razones de extension del mismo, solo se presentan las tablas y gráficas de todos los Estados estudiados y ademas la Region de los Andes en general, a manera ilustrativa del comportamiento mensual de las variables o campos. No se expresaron ecuaciones en este artículo, ya que pueden ser ubicadas en la referencia bibliográfica.

RESULTADOS

Del Estado Mérida

Valores Promedios Mensuales del Comportamiento de la Radiación Solar Extraterrestre, Solar Global, Directa y Difusa (Erbs, Collares-Pereire-Ralb) e Indice de Claridad							
Estado: Mérida			Unidad de Radiación: MJ/m2				
Mes	Rad. Extraterrestre	Rad. Global	Rad. Directa (Erbs)	Rad. Difusa (Erbs)	Rad. Directa (CPR)	Rad. Difusa (CRP)	Ind. Claridad
Enero	32,634	18,01	8,98	9,03	9,24	8,77	0,552
Febrero	34,912	19,99	10,57	9,42	10,88	9,11	0,572
Marzo	37,031	20,96	10,79	10,17	11,14	9,82	0,566
Abril	37,772	16,68	5,31	11,37	5,27	11,41	0,442
Mayo	37,193	18,23	7,03	11,21	7,11	11,13	0,490
Junio	36,544	16,65	5,49	11,16	5,45	11,20	0,456
Julio	36,708	17,94	6,86	11,08	6,93	11,00	0,489
Agosto	37,299	18,88	7,81	11,07	7,96	10,92	0,506
Septiembre	37,072	19,51	8,62	10,90	8,84	10,68	0,526
Octubre	35,365	17,55	7,01	10,54	7,13	10,42	0,496
Noviembre	33,027	16,63	6,80	9,83	6,92	9,71	0,504
Diciembre	31,771	17,33	8,24	9,08	8,50	8,82	0,545

Tabla 1. Valores promedios mensuales de radiación solar extraterrestre, global, directa y difusa e índice de claridad del Estado Mérida

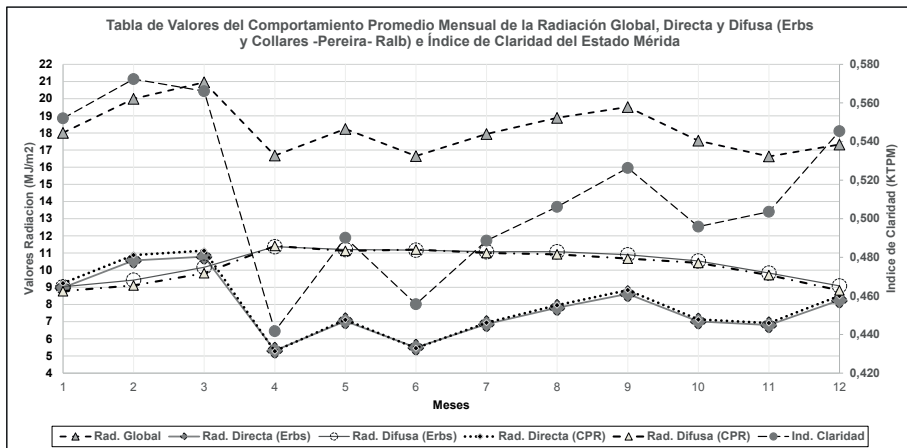



Fig 2. Gráfica de promedios mensuales de radiación solar global, directa y difusa e índice de claridad del Estado Mérida.

Del Estado Táchira

Valores Promedios Mensuales del Comportamiento de la Radiación Solar Extraterrestre, Solar Global, Directa y Difusa (Erbs, Collares-Pereire-Ralb) e Indice de Claridad							
Estado: Táchira			Unidad de Radiación: MJ/m2				
Mes	Rad. Extraterrestre	Rad. Global	Rad. Directa (Erbs)	Rad. Difusa (Erbs)	Rad. Directa (CPR)	Rad. Difusa (CRP)	Ind. Claridad
Enero	33,060	12,932	3,117	9,815	2,987	9,945	0,391
Febrero	35,221	13,934	3,539	10,395	3,425	10,510	0,396
Marzo	37,159	14,185	3,266	10,919	3,123	11,062	0,382
Abril	37,698	13,588	2,765	10,823	2,616	10,973	0,360
Mayo	36,961	14,978	3,953	11,025	3,835	11,143	0,405
Junio	36,243	14,117	3,333	10,784	3,183	10,934	0,389
Julio	36,439	14,818	3,851	10,967	3,716	11,102	0,407
Agosto	37,161	16,058	4,766	11,292	4,676	11,382	0,432
Septiembre	37,126	16,109	4,779	11,331	4,682	11,428	0,434
Octubre	35,615	14,460	3,707	10,753	3,565	10,895	0,406
Noviembre	33,423	12,820	2,907	9,913	2,763	10,057	0,383
Diciembre	32,228	11,882	2,508	9,373	2,377	9,505	0,369

Tabla 2. Valores promedios mensuales de radiación solar extraterrestre, global, directa y difusa e índice de claridad del Estado Táchira

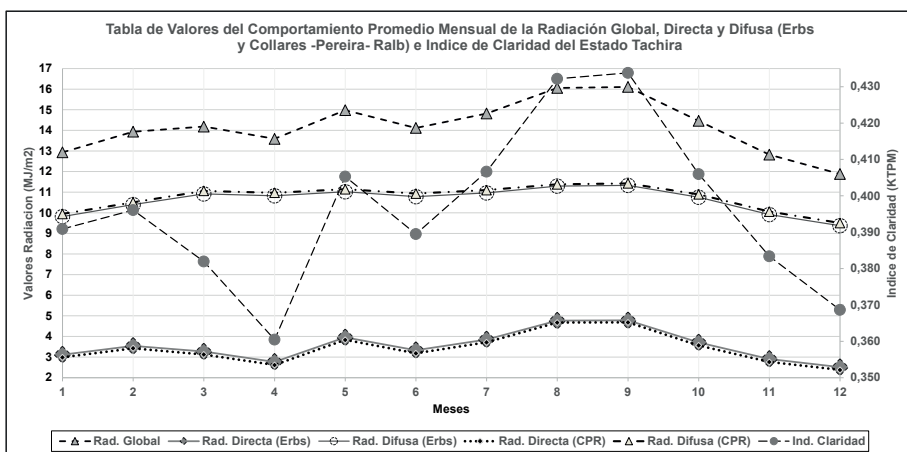



Fig 3. Gráfica de promedios mensuales de radiación solar global, directa y difusa e índice de claridad del Estado Táchira.

Del Estado Trujillo

Valores Promedios Mensuales del Comportamiento de la Radiación Solar Extraterrestre, Solar Global, Directa y Difusa (Erbs, Collares-Pereire-Ralb) e Indice de Claridad							
Estado: Trujillo			Unidad de Radiación: MJ/m2				
Mes	Rad. Extraterrestre	Rad. Global	Rad. Directa (Erbs)	Rad. Difusa (Erbs)	Rad. Directa (CPR)	Rad. Difusa (CRP)	Ind. Claridad
Enero	32,23	14,55	4,62	9,93	4,55	9,99	0,451
Febrero	34,62	15,77	5,11	10,66	5,06	10,71	0,455
Marzo	36,90	14,47	3,43	11,04	3,27	11,20	0,392
Abril	37,83	13,86	2,84	11,02	2,67	11,19	0,366
Mayo	37,40	14,29	3,27	11,03	3,11	11,18	0,382
Junio	36,82	14,87	3,80	11,07	3,66	11,21	0,404
Julio	36,95	15,69	4,44	11,25	4,32	11,37	0,425
Agosto	37,42	15,89	4,44	11,45	4,31	11,58	0,425
Septiembre	37,01	15,08	3,89	11,19	3,74	11,34	0,407
Octubre	35,12	14,00	3,40	10,60	3,25	10,76	0,399
Noviembre	32,65	13,05	3,22	9,84	3,08	9,98	0,400
Diciembre	31,34	12,63	3,17	9,46	3,04	9,59	0,403

Tabla 3. Valores promedios mensuales de radiación solar extraterrestre, global, directa y difusa e índice de claridad del Estado Trujillo

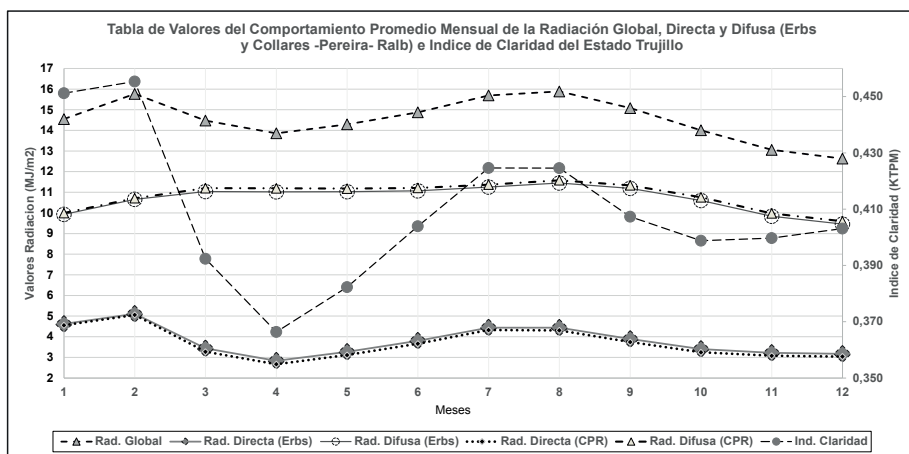



Fig 4. Gráfica de promedios mensuales de radiación solar global, directa y difusa e índice de claridad del Estado Trujillo.

De la Región de los Andes

Valores Promedios Mensuales del Comportamiento de la Radiación Solar Extraterrestre, Solar Global, Directa y Difusa (Erbs, Collares-Pereire-Ralb) e Indice de Claridad							
Región: los Andes			Unidad de Radiación: MJ/m2				
Mes	Rad. Extraterrestre	Rad. Global	Rad. Directa (Erbs)	Rad. Difusa (Erbs)	Rad. Directa (CPR)	Rad. Difusa (CRP)	Ind. Claridad
Enero	32,64	15,16	5,57	9,59	5,59	9,57	0,465
Febrero	34,92	16,56	6,41	10,16	6,45	10,11	0,475
Marzo	37,03	16,54	5,83	10,71	5,84	10,69	0,447
Abril	37,77	14,71	3,64	11,07	3,52	11,19	0,390
Mayo	37,18	15,83	4,75	11,09	4,69	11,15	0,426
Junio	36,53	15,21	4,21	11,01	4,10	11,12	0,416
Julio	36,70	16,15	5,05	11,10	4,99	11,16	0,440
Agosto	37,29	16,94	5,67	11,27	5,65	11,29	0,454
Septiembre	37,07	16,90	5,76	11,14	5,75	11,15	0,456
Octubre	35,37	15,34	4,71	10,63	4,65	10,69	0,434
Noviembre	33,03	14,17	4,31	9,86	4,25	9,91	0,429
Diciembre	31,78	13,95	4,64	9,31	4,64	9,31	0,439

Tabla 4. Valores promedios mensuales de radiación solar extraterrestre, global, directa y difusa e índice de claridad de la Región de Los Andes

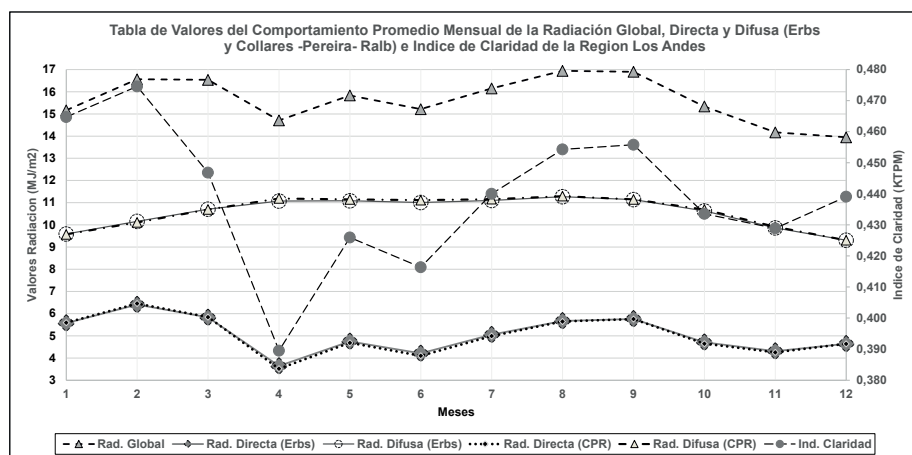



Fig 5. Gráfica de promedios mensuales de radiación solar global, directa y difusa e índice de claridad de la Región de los Andes

CONCLUSIONES

- La diferencia porcentual de la radiación solar difusa promedio mensual calculada bajo el modelo de Erbs y bajo el modelo CPR no supera el 3% en el caso mas desfavorable y mantienen una tendencia general del 1,3% en todos los Estados estudiados. Esto indica que por la proximidad de los resultados es indiferente usar uno u otro modelo para el cálculo de la radiacion difusa.
- Las curvas de la variación anual de la radiación solar extraterrestre entre 7° y 9° de Latitud Norte pertenecientes a los Estados de la Region de los Andes, no presentan variaciones significativas entre ellas, por ende se puede aproximar a una curva promedio.
- Las curvas de la variación anual de la radiación solar difusa pertenecientes a cada Estado de la Region de los Andes (entre 7° y 9° de Latitud Norte), no presentan variaciones significativas entre ellas, por ende se puede aproximar a

una curva promedio.

- No se detectó variaciones notables por efecto estacional en las curvas de variación anual de la radiación difusa de las zonas en estudio.
- El Estado con mayor radiacion global de la región de los Andes se encontro en el Estado Mérida con 20,96MJ/m2
- El Estado con menor radiacion global de la región de los Andes se encontro en el Estado Táchira con 11,88MJ/m2
- El Estado con mayor radiacion directa (ERBS) de la región de los Andes se encontro en el Estado Mérida con 10,79MJ/m2
- El Estado con menor radiacion directa (ERBS) de la región de los Andes se encontro en el Estado Táchira con 2,508MJ/m2
- El Estado con mayor radiacion difusa (ERBS) de la región de los Andes se encontro en el Estado Trujillo con 11,45MJ/m2
- El Estado con menor radiacion difusa (ERBS) de la región de los Andes se encontro en el Estado Mérida con 9,03MJ/m2
- Se detectó cambios por efecto estacional en las curvas de variación anual de la radiación global y directa de las zonas en estudio.
- La Region de los Andes Venezolanos (fusión de datos) posee un pico máximo de radiacion solar global de 16,90MJ/m2 y un mínimo de 13,95MJ/m2
- La Region de los Andes Venezolanos (fusión de datos) posee un pico máximo de radiacion solar directa (ERBS) de 6,41MJ/m2 y un mínimo de 3,64MJ/m2
- La Region de los Andes Venezolanos (fusión de datos) posee un pico máximo de radiacion solar difusa (ERBS) de 11,27MJ/m2 y un mínimo de 9,31MJ/m2

REFERENCIAS

Alvares J., Hurtado Y., Ulloa C. y Varela M. (2018). “Comportamiento de la Radiación Global, Directa y Difusa en la Región de los Llanos y Andes Venezolanos, partiendo del uso del Índice de Claridad”. Trabajo de Pregrado de Ingeniería. Instituto Universitario de Tecnología del Oeste Mariscal Sucre. Escuela de Ingeniería Mecánica.

Amézquita Z, U. (2005). “Estudio Estadístico de la Radiación Solar Global en el Estado Bolívar y la Influencia de las Variables Meteorológicas en el Índice de Claridad”. Trabajo de Grado de Maestría. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Mecánica.

Collares–Pereira, M. and Ralb, A. (1979). “The Average Distribution of Solar Radiation Correlations between Difusse and Hemisferical and between Daily and Hourly Insolation Values”, Solar Energy. Vol 22. pp. 155- 164.

Duffie J.A. and Beckman W.A. (1991) *Solar Engineering of Thermal Processes,* 2nd edn. pp. 1-87. Wiley Interscience, New York.

Erbs, D.G., Klein, S.A. and Duffie, J.A. 1982. “Estimation of The Diffuse Radiation Fraction for Hourly, Daily and Monthly – Average Global Radiation”, Solar Energy. Vol 28. Nº 4. pp. 293- 302.

GESTÃO DAS ÁGUAS: CRISE HÍDRICA E GESTÃO PARTICIPATIVA EM TANGARÁ DA SERRA

Data de aceite: 01/09/2023

Fabiana Almagro de Lima Ribeiro
Aluna do Programa de Pós-graduação Mestrado Profágua- Universidade Estadual do Mato Grosso. Linha de pesquisa: planejamento e gestão de recursos hídricos. Tangará da Serra, Mato Grosso, Brasil.

Luiz Alberto Esteves Scaloppe
Docente no Programa de Pós-graduação Mestrado Profágua- Universidade Estadual do Mato Grosso. Cuiabá, Mato Grosso, Brasil.

RESUMO: A importância do estudo da forma como a gestão pública, em específico ao município de Tangará da Serra, exerce sua governança, como vem atuando, planejando, gerindo a água e a participação/interação social nesse processo de gestão vem de encontro com a preocupação geral que se tem quanto a questão da crise hídrica, com a garantia de segurança hídrica pretendida e defendida como direito constitucional, pois essa gestão reflete no abastecimento de água urbano da população tangaraense. Uma boa gestão é realizada quando se atende a demanda da sociedade, quando se faz valer a cobrança, a outorga pelo uso da água, a observância por uma gestão participativa e que alcance toda a cidade de forma eficaz e eficiente através de acesso a água tratada e a serviço de esgotamento sanitário, o que vem de encontro aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, ODS 6. Uma gestão só se torna eficaz e eficiente quando se é exercida de forma participativa, ouvindo os anseios da sociedade e permitindo seu envolvimento no processo de gestão do recurso. Através de uma revisão bibliográfica nota-se que os desafios serão muitos para a obtenção de uma gestão eficaz e eficiente da água, porém essa gestão se torna mais fácil caso haja o envolvimento, a integração e interação da sociedade no processo gestor, pois ouvindo-se os anseios, utilizando-se técnicas apropriadas de estudo e transformando os consumidores em agentes transformadores, gestores, é possível atingir a eficácia no servir, usar e recarregar o manancial do recurso hídrico sem sobrecarregar o sistema de água.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão das águas. Gestão participativa. Gestão hídrica em Tangará da Serra.

ABSTRACT: The importance of studying how public management, specifically in the

municipality of Tangará da Serra, exercises its governance, how it has been acting, planning, managing water and social participation/interaction in this management process is in line with the general concern about the issue of the water crisis, with the guarantee of water security intended and defended as a constitutional right, as this management reflects on the urban water supply of the Tangaraense population. Good management is carried out when society's demand is met, when the collection, the grant for the use of water, the observance of participatory management and that reaches the entire city in an effective and efficient way through access to treated water. and at the service of sanitary sewage, which meets the Sustainable Development Goals, SDG 6. Management only becomes effective and efficient when it is carried out in a participatory way, listening to society's desires and allowing its involvement in the management process of the resource. Through a bibliographic review, it is noted that the challenges will be many to obtain an effective and efficient management of water, but this management becomes easier if there is the involvement, integration and interaction of society in the management process, because listening to it If the desires are met, using appropriate study techniques and transforming consumers into transforming agents, managers, it is possible to achieve efficiency in serving, using and recharging the source of water resources without overloading the water system.
KEYWORDS: Water management. Participative management. Water management in Tangará da Serra

INTRODUÇÃO

Este texto é um roteiro de pesquisa, destinada a elaboração de dissertação de mestrado, no programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (Prof**Á**gua), patrocinado pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), que foi apresentado no seu V Seminário Nacional, em Brasília realizado entre 12 16 de junho de 2023 com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

O propósito é oferecer, como contribuição a comunidade, uma análise da situação e formação de Relatório de Gestão do Município de Tangará da Serra.

A importância de fundo de pesquisas como esta, sempre deve ter em conta, de princípio, que água é um bem de extrema importância, de valor imensurável, responsável por manter os ciclos biológicos, geológicos e químicos e estabelecer o equilíbrio ecossistêmico da Terra, essencial ao desempenho de qualquer atividade humana. É responsável pelo desenvolvimento da civilização em sociedade, presente na atividade agrícola, industrial e comercial.

A verdadeira governança das águas é promovida quando se é capaz de discutir, debater e propagar o tema da política de recursos hídricos em suas esferas de atuação, seja ela nacional, estadual ou municipal, comitês de bacia e conselhos, com o devido comprometimento e interação de todos os interessados possibilitando um planejamento embasado em mecanismos legais, técnicos e viáveis, permitindo que a política gestora de água tenha estabilidade, seja efetiva e eficaz.

O abastecimento de água urbano deve ser capaz de suprir os anseios da sociedade usuária, tanto em qualidade, quanto em quantidade, para isso deve-se ater a companhia responsável pelo serviço de fornecimento de água juntamente com o município, comitê de bacia, órgãos públicos responsáveis pelo zelo com o meio ambiente e a sociedade usuária medidas que visem preservar o recurso hídrico dentro da bacia coletora de água. Seja através de ações que minimizem o desperdício de água pela tubulação de água durante a distribuição, investimentos em mecanismos modernos na captação e tratamento de efluentes, na educação social pelo consumo consciente e na preservação de nascentes as quais são responsáveis pela recarga do manancial, entre outras ações de cunho ambiental.

A bruta realidade ambiental urbana reflete diretamente no grau de possibilidades de participação política, pois as carências mencionadas influem diretamente para a ausência da valoração dos entes governamentais e da contribuição do saber local às decisões administrativas e econômicas. (SCALOPPE, 2019, p.117)

O Estado e o município, enquanto gestor de água na cidade tem o dever e responsabilidade quanto ao planejamento executivo e financeiro com a obrigação de garantir o uso, qualidade, quantidade, primando pelo saneamento básico do município e a conservação do recurso hídrico.

Ao se gerir a utilização da água deve se atentar pela observância a Lei das Águas, Lei 9.433/97, a qual instituiu o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos-SINGREH, conjunto de órgãos e colegiados que concebe e implementa a Política Nacional das Águas, e que, como essência, prima em priorizar a gestão dos usos da água de forma democrática e participativa. Vale destacar ainda que, como objetivo da SINGREH deve-se assegurar água para a atual e futuras gerações por meio de uma gestão descentralizada, integrada e participativa.

Democracia participativa é a única forma de realização- dentro dos quadros de institucionalidade- mudanças substanciais em nossas sociedades, radicais, as únicas aptas a alterar os rumos da política, substituindo as velhas estruturas, desde sempre a serviço da exclusão, por instrumentos modernos de participação. (AMARAL, 2001, p.52 apud DIAS, 2010, p. 169).

> *El estudio sobre la implementación de la política pública de recursos hídricos, a través de la gestión descentralizada y participativa, merece un análisis preciso desde el punto de vista legal, institucional y político, ya que trae consecuencias en las diversas esferas de poder, considerando que Brasil es una Federación que involucra tres niveles de Gobierno (federal, estadual/distrital y municipal), todos con autonomía política, financiera, administrativa y legislativa. (OGATA, 2013)*

Para que se tenha uma garantia na segurança hídrica, através de uma governança e gestão eficaz e eficiente da água, além do comprometimento municipal, faz-se necessário a observância de alguns princípios indicados pela OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico) sendo eles: coerência das políticas e coordenação

entre os setores, capacitação para o desempenho das atribuições, dados e informações consistentes, uso eficiente dos recurso financeiros, normativas eficazes, práticas inovadoras de governança, integridade e transparência nas ações, comprometimento das partes interessadas, compromisso entre usuários da água (urbano, rural), monitoramento e avaliação, atribuições e responsabilidades definidas.

Discutir a governança, é tratar da capacidade financeira e administrativa que um governo possui em gerir através da interação e inserção dos atores sociais que compõem a sociedade. Atinge seu ápice de atuação a partir do momento que pauta suas ações visando a efetividade através da eficácia e eficiência, pois o estado da água está ligado diretamente a forma como é governada. Então, discutir a governança é o reconhecimento de que existe um processo político na gestão das águas e é fundamental que seja reconhecido, acompanhado e monitorado (LIMA, 2019/ENCOB).

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa é realizada através de estudo do exercício da gestão dada ao meio ambiente e ao recurso hídrico, referindo-se mais especificamente a política de Estado adotada e aplicada pelo município de Tangará da Serra, com uma abordagem exploratória, descritiva e explicativa da governança exercida pela gestão municipal referente a questões hídricas baseada em pesquisas bibliográficas, publicações científicas, instruções normativas e legais, pesquisas documentais referentes ao tema e boas práticas aplicadas em outras localidades que se assemelham com a realidade local.

CONCLUSÃO

A pesquisa se encontra em processo de construção, com a realização de estudos bibliográficos, pesquisas científicas sobre o tema, captação de dados, informações documentais para possível discussão e análise da atividade gestora de água para, ao final,

A gestão dos recursos hídricos de uma determinada localidade deve estar baseada na forma mais sustentável possível, fazendo a interação das questões relativas aos anseios da sociedade local, a economia, a proteção e conservação dos recursos ambientais existentes, pois ambos deverão andar em equilíbrio. Para que haja esse equilíbrio vale ressaltar a importância entre a observância do binômio: demanda e disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica.

A prática de uma gestão participativa possibilita chegar à plenitude da administração municipal e assim contribuir positivamente com a gestão das águas, apresentando a defesa da atuação integrada dos órgãos envolvidos na gestão, como a Companhia de Abastecimento de Água e Saneamento (SAMAE), Prefeitura Municipal de Tangará da Serra, Comitê de Bacia Hidrográfica (CBH-Sepotuba), usuários e outras instituições públicas e privadas, bem como aos meios de comunicações e academia, para universalização e

distribuição sustentável dos recursos hídricos.

REFERÊNCIAS

AMARAL, (2001, p. 52) apud DIAS, Daniella Maria dos Santos. Democracia Urbana: é possível coadunar desenvolvimento sustentável e práticas democráticas nos espaços urbanos no Brasil? Curitiba: Juruá, 2010, p.169.

LIMA, A.J.R, ENCOB 2019

LIMA, et al. Gestão da crise hídrica 2016-2018 : experiências do Distrito Federal / Editado por Jorge Enoch Furquim Werneck Lima... [et al.] - Brasília, DF : Adasa : Caesb : Seagri : Emater, DF, 2018

OGATA, M.G. La Gestión Participativa del Agua en Brasil: Aspecto Legales, Institucionales y Politicos (1988 a 2008), Madri, 2013.

OECD. Disponível em https://www.oecd.org/latin-america/paises/brasil-portugues/, acesso em: 19 maio 2023.

SCALOPPE, L. A. E. Direito à cidade: economia, democracia e participação. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2019. p 113.

MANUAL POLÍTICO DE CONCILIAÇÃO

Data de aceite: 01/09/2023

Mabyanne Mendonça Sá Arruda Martins
Aluna da Universidade do Estado de Mato Grosso. Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos. Alta Floresta, Mato Grosso, Brasil.

Solange Aparecida Arrolho da Silva
Docente da Faculdade de Ciências Biológicas e Agrárias/Programa Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos. Universidade do Estado de Mato Grosso. Alta Floresta, Mato Grosso, Brasil.

RESUMO: O Manual Político de Conciliação tem como objetivo orientar os integrantes de comitês de bacias hidrográficas sobre o procedimento de conciliação de conflito relacionado aos recursos hídricos, considerando que o conflito pode abordar questões econômicas, sociais, culturais e ambientais. A metodologia adotada é a pesquisa bibliográfica e documental junto ao acervo bibliográfico do site da Agência Nacional de Águas, consulta à legislações e leitura das atas dos comitês de bacias hidrográficas do Estado de Mato Grosso. A leitura das atas trouxe informações importantes quanto as questões de saneamento, uso e ocupação do solo, ausência de manifestação dos comitês nos processos de outorga, instalações de hidrelétricas dentre outros.Com fulcro nessas informações, percebe-se a necessidade de um reconhecimento dos comitês como uma instituição responsável pela gestão da água de sua bacia, garantindo que as decisões sejam tomadas com a participação e responsabilidade de todos (ODS 16), implementado a gestão integrada dos recursos hídricos (ODS 6), considerando que a gestão do recurso hídrico deve ser descentralizada e contar com a participação dos diferentes entes da bacia hidrográfica.

PALAVRAS-CHAVE: Amazônia. Conflito. Pacificação.

ABSTRACT: The Conciliation Political Manual aims to guide the members of river basin committees on the procedure for conciliating conflicts related to water resources, considering that the conflict can address economic, social, cultural and environmental issues. The adopted methodology is the bibliographical and documental research together with the bibliographical collection of the site of the National Water Agency, consultation to the legislation and reading of the minutes of

the committees of hydrographic basins of the State of Mato Grosso. Reading the minutes brought important information regarding issues of sanitation, land use and occupation, lack of manifestation by the committees in the granting processes, hydroelectric installations, among others. as an institution responsible for managing the water in its basin, ensuring that decisions are taken with the participation and responsibility of all (SDG 16), implementing the integrated management of water resources (SDG 6), considering that the management of water resources must be decentralized and count on the participation of the different entities of the hydrographic basin.
KEYWORDS: Amazônia. Conflict. Pacification.

INTRODUÇÃO

As questões referentes ao meio ambiente, em especial relacionadas ao recurso hídrico, tiveram início a partir da década de 1970 quando um grupo criado por cientistas, industriais e políticos, o grupo de Roma, 1972, ficaram preocupados com o crescimento populacional. O relatório também foi discutido em Estocolmo e, no ano de 1983, criou-se a Organização das Nações Unidas (ONU) para levantar os principais problemas ambientais do planeta e sugerir estratégias para preservação do meio ambiente (Agência Nacional de Águas, 2011).

Posteriormente, no ano de 1992 a convenção Rio/92 referendou os princípios para gestão sustentável da água em relação aos problemas relacionados à disponibilidade hídrica, indicados pela Conferência em Dublin, ocorrida no mesmo ano.

Diante desse cenário de enfrentamento aos problemas ocasionados pelo crescimento populacional, necessidade de produção de alimentos, crescimento industrial e como o meio ambiente se comporta em relação à isso, inicia-se no Brasil a discussão para gestão de recurso hídrico. Um dos fundamentos para gestão dos recursos hídricos é que ela deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e da comunidade (Lei 9.433/97 – Lei das Águas, art. 1º, VI). Essa gestão compartilhada é realizada pelo Comitê de Bacia Hidrográfica, conforme prevê o art. 38 da Lei das Águas.

A gestão compartilhada da água também é definida pela Lei Estadual de Mato Grosso 11.088/2020, art. 30, II e III a qual define que o Comitê de Bacia Hidrográfica deve mediar e decidir, em primeira instância administrativa, os conflitos relacionados aos recursos hídricos, bem como promover ações de entendimento, cooperação, fiscalização e eventual conciliação entre os usuários competidores pelo uso da água na bacia.

Se o comitê é o local em que a participação e proposição de estudos e discussões dos planos que poderão ser executados na área da bacia (art. 38, I, Lei 9.433/97 e art. 30, I, Lei 11.088/2020), é provável que conflitos de interesses pelo uso da água venham a surgir. Neste caso, como tratar os conflitos adequadamente durante as plenárias realizadas pelo comitê? O presente trabalho pretende propor um manual político de conciliação a fim de orientar os Comitês de Bacia do Estado de Mato Grosso como conduzir a discussão quando há conflito de interesses.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento da pesquisa realizou-se análise bibliográfica para embasamento do referencial teórico a fim de compreender os conceitos de: gestão compartilhada; política, atribuições do comitê de bacia, conciliação. Os temas foram abordados por meio de leituras e realização de cursos de EAD ofertados pela Agência Nacional de Águas, Encob 2022.

A base teórica teve por finalidade estruturar a elaboração do manual político de conciliação o qual também contou com a análise pessoal de leitura de atas dos comitês do Estado de Mato Grosso, a fim de identificar eventuais conflitos em suas áreas de abrangência.

Coletadas as informações constantes nas atas verificou-se que a proposição de um manual político de conciliação pode auxiliar os integrantes do comitê a como relatar, organizar e discutir os interesses conflituosos em questão. Ademais porque um dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (6 -Água limpa e Saneamento e 16- Paz, Justiça e Instituições Fortes) vão ao encontro do manual proposto.

A preocupação em assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos (ODS 6) é tema recorrente nas atas dos comitês do Estado de Mato Grosso.

Quanto ao ODS 16, promover sociedades pacíficas e inclusivas para o desenvolvimento sustentável, proporcionar o acesso à justiça para todos e construir instituições eficazes, responsáveis e inclusivas em todos os níveis, é necessário o fortalecimento e real reconhecimento dos Comitês de Bacia do Estado, promovendo uma efetiva participação do comitê junto ao Poder Público local e Secretaria Estadual do Meio Ambiente, uma vez que as decisões de primeira instância são tomadas na área de gestão do comitê, por promover os debates das questões relacionadas a recursos hídricos e por contar com participantes da União, Estados, Municípios, Usuários da Água, entidades civis (arts. 37 e 38 da Lei 9.433/97).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Lei Federal 9.433/97 dispõe em seu artigo 38, I que compete ao Comitê de Bacia Hidrográfica promover o debate das questões relacionadas aos recursos hídricos. Em consonância com aludida lei, a Lei Estadual 11.088/2020 prevê que compete ao comitê mediar, decidir e promover eventual conciliação entre os usuários competidores da água (art. 30, II e III). Contudo, não há uma orientação padronizada de como os integrantes dos comitês de bacia poderão se valer do procedimento de conciliação para mediar eventuais conflitos.

Na gestão da água lidar com diferentes atores e interesses de forma eficaz é a chave

para alcançar estratégias e resultados implementáveis que contribuirão para cooperação e desenvolvimento. No mesmo sentido, é preciso reconhecer e aplicar as melhores práticas para a construção de consensos que busquem dirimir conflitos pela água no âmbito do comitê (Pedrosa, 2020).

Emprestando o conhecimento da área do direito, o procedimento da conciliação permite que o conflito seja resolvido de forma preponderantemente colaborativa, uma vez que implica na efetiva compreensão de que os competidores pelo uso da água compreendam as necessidades das partes em conflito, os valores sociais ligados às questões em debate (CNJ, 2016).

Embasado com os conceitos teóricos, buscou-se pelas leituras das atas dos comitês do Estado de Mato Grosso identificar como os conflitos são abordados. Percebeu-se que há muita preocupação com uso e ocupação do solo, tratamento de esgoto, irrigação, invasões em áreas de preservação permanente, hidrelétricas, saneamento básico e plano diretor. Diante desse cenário, vislumbra-se a possibilidade de indicar um manual político de conciliação para amparar os integrantes do comitê.

Considerando que o comitê de bacia hidrográfica é o fórum onde um grupo de pessoas se reúnem para discutir sobre um interesse comum (ANA, 2011), o Manual Político de Conciliação é uma abstração sobre como a atividade é exercida por todos e/ou em nome de todos (Scaloppe).

CONCLUSÃO

A leitura das atas dos comitês do Estado de Mato Grosso permitiu a reflexão quanto à necessidade de fortalecimento e reconhecimento das atribuições exercidas por seus integrantes. Quando se trata de gestão de água, o conflito é iminente: saneamento básico, irrigação, uso e ocupação do solo, como atender os anseios dos competidores da água? Subsidiar o comitê por meio de um manual político de conciliação, com a finalidade de orientar em como abordar os conflitos, uma vez que o comitê é espaço para promover ações de entendimento entre os usuários competidores pelo uso da água na bacia (art. 30, III, Lei Estadual 11.088/2020), poderá promover a construção de uma solução pacífica e participativa. Ademais quanto a ODS 16 prevê a garantia de tomada de decisão responsiva, inclusiva, participativa e representativa em todos os níveis (UERGS, 2023). Nessa linha de construção de solução pacífica e participativa, a ODS 6 tem como indicador o grau de implementação da gestão integrada de recursos hídricos (GIRH): existência de uma ambiência favorável; a base institucional e o processo participativo de suporte à implementação da GIRH (ANA, 2019).

Como diz Pedrosa, a gestão de conflitos pelo uso da água não é um processo de competição técnica, trata-se de um processo político de construção de pactos, fundamentado na boa ciência das águas, nos aspectos sociológicos, antropológicos, e tantos outros

(Pedrosa, 2021).O Manual Político de Conciliação irá ao encontro do fortalecimento da gestão integrada de recursos hídricos na construção pacífica de acordos pelo uso da água.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, agradeço também ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE Nº. 2717/2015, pelo apoio técnico científico aportado até o momento.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. ODS 6 NO BRASIL VISÃO DA ANA SOBRE OS INDICADORES, Brasília-DF, ANA, 2019.

A 3-STEP FRAMEWORK FOR WATER CONFLICT MANAGEMENT. SHUBBER, Zakki; CAUWENBERGH, Nora Van. Encob 2022.

BRASIL. Lei n.º 9.433/1997 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei 8.001/1990, que modificou a Lei n.º 7.990/1989. Disponível em< http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm > Acesso em 25/07/2022.

CONSTRUINDO PACTOS PELO USO DA ÁGUA. PEDROSA. Valmir de Albuquerque. Agência Nacional de águas e Saneamento Básico, 2021.

MATO GROSSO. Lei Estadual 11.088/2020. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências.Disponível em file:///C:/Users/12810/Downloads/lei-11088-2020.pdf Acesso em 13/03/2023.

MANUAL DE MEDIAÇÃO JUDICIAL. Conselho Nacional de Justiça. Comitê Gestor Nacional da Conciliação, 2016.

POLÍTICA. Scaloppe. Luiz Alberto. Disciplina Tópicos Especiais em Regulação e Governança, 2022.

INTRODUÇÃO AOS OBJETIVOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: da Agenda 203 à sua aplicabilidade. Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.Disponível em: https://moodle.uergs.edu.br/course/view.php?id=9692 Acesso em 24/05/2023.

USO DE MATERIAIS RECICLADOS DE PNEUS EM OBRAS DE CONSTRUÇÃO GEOTÉCNICA

Data de aceite: 01/09/2023

Paulo Henrique Fernandes Cavalcante
Universidade de Brasília, Brasília, Brasil.

RESUMO: A destinação adequada dos resíduos provenientes de pneus inservíveis tem ganhado enfoque devido às legislações vigentes. Uma solução seria a reciclagem para usos diversos na construção civil. Com base neste contexto, esta pesquisa teve como objetivo a análise dos efeitos da adição de resíduos de pneus como reforço do solo. Para tal, foram analisadas misturas com diferentes percentagens de pedaços e lascas de borracha. Observou-se uma redução da massa específica aparente seca máxima, aumento do índice de vazios médios, aumento nos valores coesão e redução do ângulo de atrito, como consequência do aumento do teor de borracha. Não foram observados valores de tensão cisalhante de ruptura para as misturas, sendo que para todas as composições o aumento de tensão cisalhante levou ao aumento no deslocamento horizontal. Com base no comportamento observado, a adição de resíduos pneumáticos pode melhorar o desempenho do solo para certa propriedade específica.

PALAVRAS-CHAVE: Solo reforçado; Resíduos pneumáticos; borracha.

ABSTRACT: Proper disposal of wastes from waste tires has gained focus due to current legislation. One solution would be recycling for several uses in construction. Based on this context, this research aimed to analyze the effects of the addition of tire residues as soil reinforcement. For this, mixtures with different percentages of pieces and rubber chips were analyzed. It was observe a reduction of the maximum specific apparent dry mass, increase of the average voids index, increase in cohesion values and reduction of the friction angle, because of the increase of the rubber content. No rupturing shear stress values were observe for the mixtures, and for all the compositions, the shear stress increase led to the increase in horizontal displacement. Based on the observed behavior, the addition of pneumatic wastes can improve the soil performance for a certain specific property.

KEYWORDS: Reinforced soil; Pneumatic waste, rubber.

1 I INTRODUÇÃO

Em virtude da Resolução do CONAMA 258 (1999), a qual determina que empresas fabricantes e importadoras de pneumáticos devem promover uma destinação adequada à pneus inservíveis, tem-se notado, no Brasil, um aumento na preocupação com o destino final destes.

Estudos de reciclagem desses resíduos, para utilização especialmente na construção de obras de contenção, aterros, drenagem e estradas, estão expandindo no país. Este processo leva à redução dos potenciais problemas gerados pelos resíduos pneumáticos: geração de foco e criadouros de vetores, acúmulo de material combustível e poluição ambiental.

Neste trabalho serão analisados os efeitos da aplicação de resíduos de pneus como reforço de solo. Para tal, estes foram adicionados à areia, para potencial uso em aterros, taludes, obras de drenagens, dentre outros. Ensaios laboratoriais foram realizados de modo a determinar as características físicas e mecânicas das seguintes composições: contendo apenas areia (M0%), formada por pedaços e lascas de borracha (M100%) e composta pela mistura solo-borracha nas proporções correspondentes de borracha (M10%, M20%, M30%, M40% e M50%).

2 I CARACTERÍSTICAS

Os pneus são constituídos por borracha, uma malha de aço, arame de aço e tecido de nylon. Dentre as características atrativas da borracha de pneus, para aplicação em obras geotécnicas, destacam-se a grande durabilidade, elevada permeabilidade e o baixo peso específico. Segundo Ahmed & Lovell (1993) e Humphrey *et al.* (1993) em algumas pesquisas já realizadas, o peso específico de pedaços e lascas de pneus, varia entre 2,4 kN/m^3 e 7,0 kN/m^3, ou seja, 0,1 a 0,4 vezes do peso de solos comuns. Com relação à permeabilidade da borracha, de acordo com Ahmed & Lovell (1993), esta propriedade varia entre 2,0 a 0,75 cm/s.

3 I ESTUDOS DE CARACTERISTICAS FÍSICAS DAS MISTURAS SOLO-BORRACHA

Conforme o ensaio de granulometria (NBR 7181), a areia utilizada classifica-se como uniforme e bem graduada. Já as composições com percentagens de lascas de borrachas apresentaram-se mal graduadas e uniformes. O coeficiente médio de não uniformidade (CNU) para as misturas solo-borracha encontrado foi de 2,27 e o coeficiente de curvatura, 1,47.

A Tabela 1 apresenta os resultados dos índices de vazios máximos e mínimos, conforme NBR 12004 e NBR 12051, respectivamente, das misturas contendo areia, pedaços e lascas de borracha e solo-borracha.

Materiais Geotécnicos		Índice de vazios máximo		Índice de vazios mínimo	
		e_{max}	γ_{dmin} (g/cm^3)	e_{min}	γ_{dmax} (g/cm^3)
Areia		1,15	1,23	0,67	1,59
Pedaços e lascas de borracha		0,84	0,37	0,49	0,48
Mistura	90% areia + 10% de borracha	1,18	1,15	0,78	1,40
	80% areia + 20% de borracha	0,90	0,92	0,70	1,38
	70% areia + 30% de borracha	0,78	0,73	0,63	1,35
	60% areia + 40% de borracha	0,66	0,56	0,57	1,30
	50% areia + 50% de borracha	0,54	0,42	0,19	1,25

Tabela 1: Índices de vazios e massa específica seca

A Figura 1 apresenta os resultados obtidos nos ensaios de compactação (NBR 7182), das misturas solo-borracha empregadas nesta pesquisa.

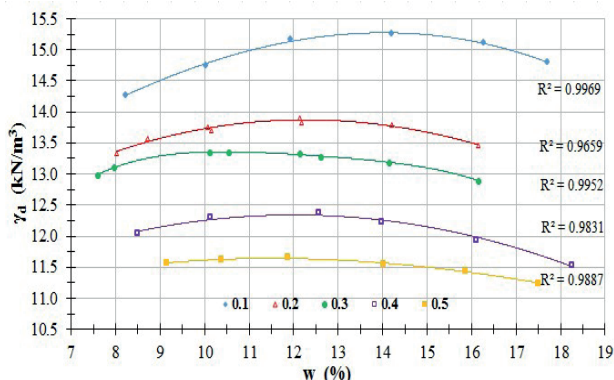



Figura 1: Resultados dos ensaios de compactação

Na Figura 2, encontram-se fotos dos corpos de prova dos ensaios de compactação, conforme o teor de borracha. Nota-se uma predominância de mais trincas nos corpos de provas com teores M30%, M40% e M50%. Já nos corpos de prova com teores M10% e M20% as trincas existentes são menos evidentes.

Figura 2: Corpos de prova com trincas

4 I ESTUDOS DE CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS DAS MISTURAS SOLO-BORRACHA

A Tabela 2 apresenta o resumo dos resultados médios dos ensaios de cisalhamento direto, conforme a norma D 3080 ASTM.

Teor de Borracha	c’ (kPa)	ϕ’ (º)
M0%	2,80	34,85
M10%	12,84	31,16
M20%	4,62	40,17
M30%	12,30	32,69
M40%	13,77	30,31
M50%	12,09	29,44
M100%	8,87	29,44

Tabela 2: Resultados médios do ensaio de cisalhamento direto

Os gráficos obtidos das variações dos deslocamentos horizontais *versus* tensões cisalhantes estão apresentados na Figura 3 a Figura 9.

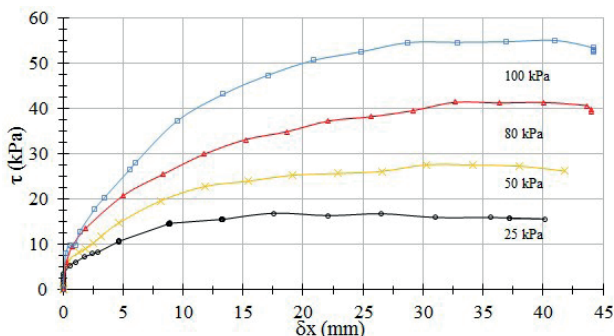



Figura 3: Deslocamento horizontal *versus* tensão cisalhante - M0%

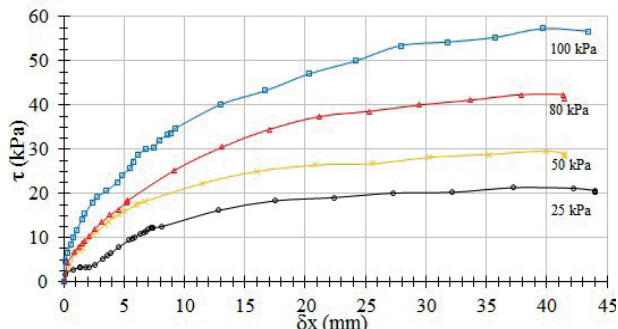



Figura 4: Deslocamento horizontal *versus* tensão cisalhante - M10%

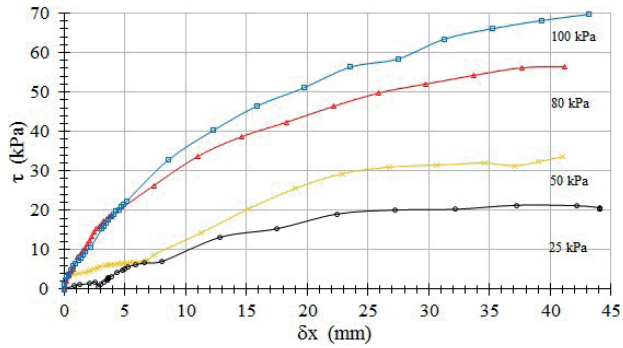



Figura 5: Deslocamento horizontal *versus* tensão cisalhante - M20%

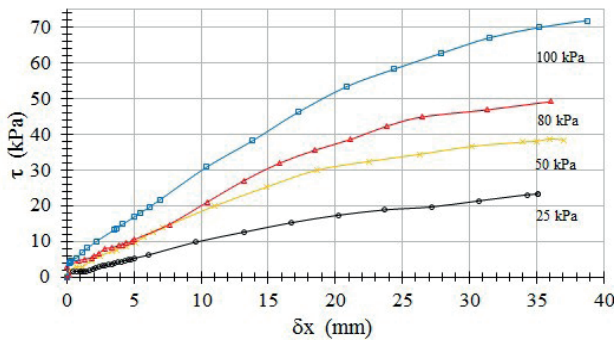



Figura 6: Deslocamento horizontal *versus* tensão cisalhante - M30%

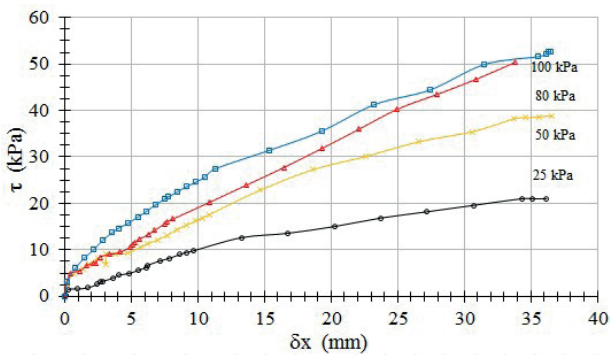



Figura 7: Deslocamento horizontal *versus* tensão cisalhante - M40%

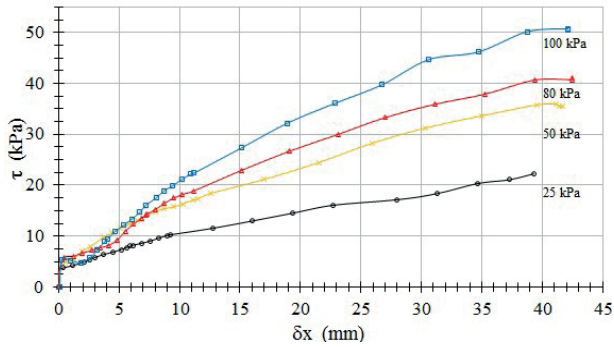



Figura 8: Deslocamento horizontal *versus* tensão cisalhante - M50%

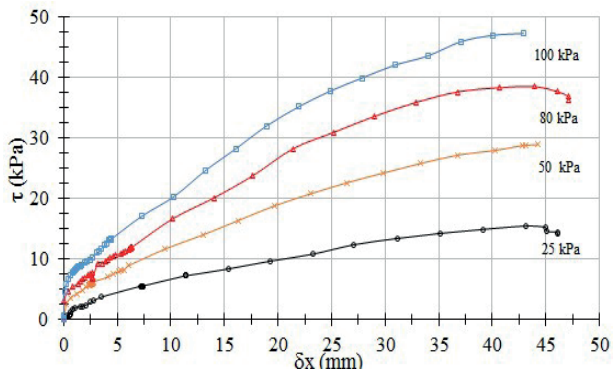



Figura 9: Deslocamento horizontal *versus* tensão cisalhante - M100%

5 I ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1 ÍNDICES FÍSICOS

A partir dos resultados dos ensaios realizados é possível constatar que, conforme o aumento do teor de borracha na mistura solo-borracha ocorreu: · Redução entre M0% a M50% da massa específica aparente seca máxima ($\gamma_{dmáx}$) média de até 30,9% entre os limites externos, devido à baixa massa específica dos pedaços e lascas de borracha; · Diminuição da umidade ótima ($W_{ot.}$) média de até 8,0%, entre M10% a M30%, devido ao fato da borracha ser um material leve e de baixa absorção de água;

- Aumento de 25,6% no índice de vazios médio entre M10% a M50%;
- Variação da massa específica dos sólidos equivalentes das misturas com redução de até 32,4% entre M10% a M50%.

5.2 ÍNDICES MECÂNICOS

Ao observar a Tabela 2 e comparar as misturas soloborracha M10% a M50%, com base na tensão confinante de 100 kPa, pode-se constatar que ocorreu:

- Aumento nos valores da coesão de aproximadamente de 320,3%;
- Decréscimo do ângulo de atrito de aproximadamente de 23,0% devido ao aumento do teor de borracha na mistura.

Com os resultados apresentados é possível verificar que ocorreu uma diminuição da tensão de cisalhante máxima de aproximadamente 29,9% à medida que aumenta o teor de borracha na mistura.

A partir das Figuras 3 a 9 é possível verificar:

- Ausência de valores de tensão cisalhante de ruptura (pico de tensão) para as misturas soloborracha;
- Com o aumento da tensão cisalhante ocorreu, proporcionalmente, um aumento do deslocamento horizontal, gerando uma curva crescente até atingir certo nível de tensão cisalhante. Este comportamento se repetiu para cada uma das quatro tensões confinantes. Estes resultados caracterizam um comportamento limitado de deformação para cada mistura sob o efeito de carregamento normal.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Figura 10 apresenta uma análise comparativa dos resultados dos ensaios de cisalhamento direto dessa pesquisa com os resultados de outros autores que realizaram estudos semelhantes, com relação ao ângulo de atrito.

Com relação aos resultados dos ensaios de compactação é possível observar um comportamento semelhante aos outros autores pesquisados, conforme Figura 11, que apresenta a variação da massa específica aparente máxima *versus* os teores de borracha. Nessa pesquisa foi utilizado como base de referência o solo sem adição de borracha (M0%) para verificar as tendências de aumento de variação à medida que ocorre o aumento do teor de pedaços e lascas de borracha nas misturas.

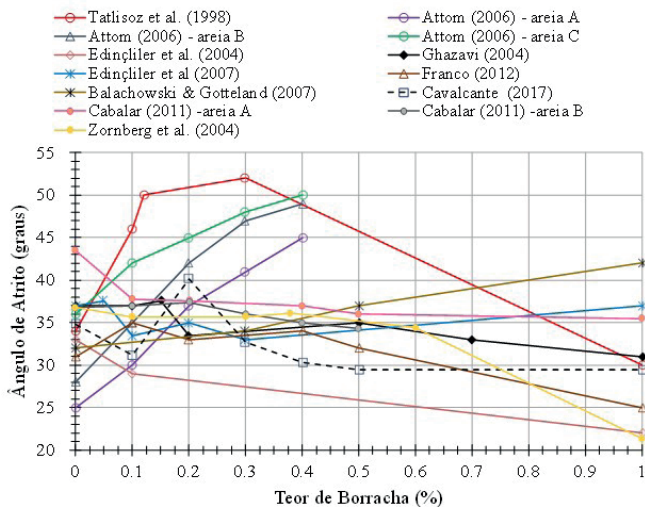



Figura 10: Teor de borracha versus ângulo de atrito

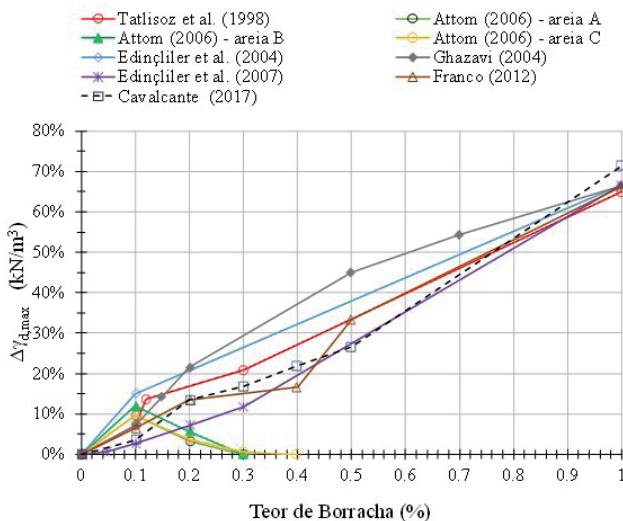



Figura 11: Teor de borracha versus variação da massa específica aparente máxima

REFERÊNCIAS

ABNT (1984). NBR 7.181: Solo – Análise Granulométrica. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro/RJ, 13 p.

ABNT (1986). NBR 7182: Solo – Ensaio de Compactação. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de

Janeiro/RJ, 10 p.

ABNT (1990). NBR 12004. Solo- Determinação de índice de vazios máximo de solos não-coesivos. Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 12004, 6 p.

ABNT (1990). NBR 12051. Solo- Determinação de índice de vazios mínimo de solos não-coesivos. Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 12051, 6 p.

AHMED, I., LOVELL, C. W. (1993). Rubber Soils as Lightweight Geomaterials. Transportation Research Record, 1422: 61-70.

ASTM, (1998). Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions. American Society for Testing and Materials – ASTM D 3080, 6p

ATTON, M. F. (2006). The use of shredded waste tires to improve the geotechnical engineering properties of sands. Environ Geol 49: 497-503.

BALACHOWSKI, L. & GOTTELAND, P. (2007).

Characteristics of tyre chips-sand mixtures from triaxial tests. Archives of hydro-engineering and environmental mechanics. Vol 54 (1): 25–36.

CAVALCANTE, P.H. F (2017). Análise do emprego de pedaço se lascas de borracha com misturas granulares com areia. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-graduação em Engenharia Geotécnica da Universidade de Brasília, Brasília, DF, 170 p.

CONAMA (1999). Resolução nº 258/1999. Disponível em: http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res99/res25899.ht ml. Acessado em 21/07/2016.

EDINÇLILER, A., BAYKAL, G., SAYGILI, A. (2004).

Determination of static and dynamic behavior of recycled materials for highways. Resources, conservation and Recycling, 42: 223–237.

EDINÇLILER, A., (2007). Using waste tire–soil mixtures for embankment construction. In: International Workshop on Scrap Tire Derived Geomaterials “Opportunities and

Challenges”. Kanto Branch of Japanese Geotechnical Society, Japan, 1: 319–328

FRANCO, K. L. B. (2012). Caracterização do Comportamento Geotécnico de Misturas de Resíduo de Pneus e Solo Laterítico. Dissertação (Mestrado), Programa de Pósgraduação em Engenharia Sanitária da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 139 p.

GHAZAVI, M. (2004). Shear strength characteristics of sandmixed with granular rubber. Geotechnical and Geological Engineering, 22: 401–416.

HUMPHREY, D., SANDFORD, T. C. (1993). Lightweight Subgrade Fill and Retaining Wall Backfill. Symposium on

Recovery and Effective Reuse of Discarded Materials and Byproducts for Construction of Highway Facilities Denver, Denver, Colorado, 19-22.

TATLISOZ, N., EDIL, T. B., BENSON, C. H. (1998).

Interaction between reinforcing geosynthetics and soil-tire chip mixtures. Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering, 124 (11): 1109–1119.

ZORNBERG, J. G., CABRAL, A. R., VIRATJANDR, C. (2004). Behaviour of tire shred – sand mixtures. Canadian Geotechnical Journal, 41: 227-241.

CAPÍTULO 6

LICENCIAMENTO AMBIENTAL 4.0

Data de aceite: 01/09/2023

Cristiane Rubini Dutra
Geól., MSc, Universidade Federal do Paraná e Esp. Universidade Federal de Ouro Preto

RESUMO: O setor de licenciamento ambiental tem sido impactado significativamente pelas profundas transformações sociais, ambientais e tecnológicas processadas nas décadas mais recentes, tendo perdido seu protagonismo como agente estruturante de políticas públicas. A chegada da Economia Digital e os avanços tecnológicos que a acompanham não necessariamente se refletiram em melhoria e aprimoramento de processos na cadeia do licenciamento, tampouco impactaram positiva e significativamente a qualidade de vida dos operadores do licenciamento (analistas ambientais dos setores privado e público, empreendedores e comunidades impactadas pelos empreendimentos). Paralelamente, vê-se a progressiva precarização do mercado de trabalho, fruto de complexos fatores econômicos, políticos e tecnológicos. É neste cenário que o Licenciamento Ambiental (L.A.) 4.0 se apresenta, visando a redução do descompasso entre a chamada 'Indústria 4.0' e o setor ambiental. Dessa forma, o L.A. 4.0 propõe reestruturar a cadeia do licenciamento ambiental, alinhando-o a ações e iniciativas que visem a manutenção do meio ambiente ecologicamente equilibrado, a efetividade dos processos e diminuição da sobrecarga de trabalho, e o progresso tecnológico de base aberta.
PALAVRAS-CHAVE: licenciamento ambiental; gestão socioambiental; responsabilidade socioambiental; meio ambiente; futuro do trabalho; indústria 4.0; ESG; ASG.

ABSTRACT: The environmental licesing sector has been deeply affected by the major social, environmental and technological transformations occurred in the recent decades, having lost its protagonism as a public policy structuring agent. The advent of Digital Economy and its technological breakthroughs did not promote process' enhancement within the licensing sector as expected, neither has substantially improved the quality of life of those involved in the environmental licesing chain (environmental analysts from private and public sectors, investors and communities affected by the infrastructure enterprises). At one time,

it is patent the growth of precarious work, as a result of complex economic, political and technological aspects. That is the background for the rise of Environmental Licensing 4.0, which aims to reduce the distance between the environmental sector and the so-called 'Industry 4.0'. Therefore, Environmental Licensing 4.0 proposes to restructure the environmental licensing chain, by aligning it to actions and initiatives that pursuit the maintenance of an ecologically balanced environment, the efficacy of processes and reduction in work overload, as well open-based technological progress.
KEYWORDS: environmental licensing; socio-environmental management; social and environmental responsibility; environment; future work; industry 4.0; ESG.

1 I INTRODUÇÃO

As profundas transformações sociais e ambientais que ocorreram nas décadas mais recentes, a exemplo do aumento na precarização do trabalho e crises econômicas, têm impactado significativamente o setor de licenciamento ambiental, que tem acompanhado e adaptado os instáveis cenários econômicos e de políticas públicas à sua execução de projetos. Tais transformações se refletem na composição das equipes técnicas que executam e analisam os estudos ambientais, assim como na qualidade técnica e segurança jurídica destes estudos.

Ainda que novas tecnologias e soluções inovadoras estejam disponíveis – tais como LiDAR, inteligência artificial, mineração de dados, realidade virtual, BIM (*Building Information Modeling)* –, estas não são plenamente absorvidas na cadeia do licenciamento ambiental, seja por parte das consultorias, empreendedores ou órgãos ambientais, provocando um descompasso do setor ambiental para com a Economia Digital, ou Indústria 4.0. Tais ferramentas tecnológicas, aliadas à reestruturação e ressignificação do processo de licenciamento ambiental, poderiam elevar este procedimento administrativo à categoria de protagonista de políticas públicas, assim como idealizado pela Constituição de 1988, alinhando-o aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU) para o Brasil.

Em um cenário de precarização progressiva do mercado de trabalho, retração econômica, comprometimento da qualidade técnica e insegurança jurídica dos estudos ambientais, o Licenciamento Ambiental (L.A.) 4.0 é um convite à construção de futuros possíveis, estruturados a partir do compromisso em melhorar a qualidade de vida de todos os operadores do licenciamento ambiental, entendidos aqui como os executores e analistas dos estudos, tanto por parte das consultorias e do empreendedor quanto dos órgãos ambientais e intervenientes, além das comunidades afetadas pelos empreendimentos licenciáveis ambientalmente. Em última instância, o L.A. 4.0 se propõe a atuar como instrumento de conscientização social e redução do sofrimento humano, conforme propõem correntes como a do Capitalismo Consciente (MACKEY & SISODIA, 2018; SISODIA, 2020).

2 I OS DESAFIOS ATUAIS DO LICENCIAMENTO AMBIENTAL

A precarização do mercado de trabalho, tão evidente em outros segmentos da economia (como o da chamada *gig economy*), também atinge o setor ambiental, ainda que de forma menos agressiva, sobretudo o privado, mas também o público. Como reflexo, os projetos de licenciamento ambiental têm cada vez mais restrições orçamentárias, menos profissionais dedicados a eles e cada vez menos prazo para sua execução e implementação. Na cadeia do licenciamento ambiental, tais fatores têm culminado na fuga de profissionais mais experientes para áreas transversais de atuação, para carreiras completamente novas, empreendedorismo ou mesmo subempregos. Muitas das vezes, a saída de um profissional mais experiente representa a perda do conhecimento acumulado sobre os projetos pretéritos e o apagamento de procedimentos internos e de gestão da organização, ou seja, na perda de capital intelectual para a empresa, o que pode se refletir em perdas financeiras e de competitividade no mercado.

O cenário de redução progressiva dos salários destes profissionais, fruto tanto da precarização quanto da retração da atividade econômica nacional e internacional, tem favorecido o 'rejuvenescimento' do setor ambiental, a partir da entrada de equipes técnicas cada vez mais jovens – e mais baratas. Em boa parte dos casos, tais profissionais possuem pouca ou nenhuma experiência com licenciamento ambiental, e são posicionados na linha de frente de projetos sem qualquer orientação ou treinamento específico, fiando-se a condução e o sucesso dos projetos unicamente às qualificações pessoais e acadêmicas destes técnicos.

A saturação da matriz hidroenergética brasileira, a necessidade de ampliação da malha de transmissão de energia e o investimento exponencial em energias renováveis nos últimos anos inundou o mercado de consultoria ambiental com projetos de linha de transmissão, usinas eólicas e fotovoltaicas (BRASIL, 2007), em geral menos complexos e com processos de concepção, licenciamento e implantação mais rápidos que as hidrelétricas – estas últimas abundantes até o início da década passada. E justamente por tenderem a menor complexidade e execução em prazos mais exíguos, tais projetos remuneram menos as consultorias, forçando-as a diversificarem sua cartela de produtos, a aumentarem o número de projetos executados concomitantemente ou a trabalharem com equipes técnicas mais enxutas, ou menos experientes e mais baratas; o que, por sua vez, leva à terceirização e, frequentemente, 'quarteirização' dos serviços, quando não 'quinteirização'.

Esta transição na carteira de projetos e seu impacto sobre a equipe executora contribuíram, progressivamente, com a diminuição da qualidade técnica dos estudos (ainda que outros importantes fatores também estejam associados), reduzindo a segurança jurídica de empreendedores, consultores técnicos e analistas dos órgãos ambientais.

Ao mesmo tempo em que se observam tais mudanças e desafios no setor, destaca-

se o surgimento e aplicação de novas tecnologias e soluções inovadoras no mercado ambiental. Tendência esta que vem se consolidando, gradualmente, sobretudo a partir dos anos 2010. Mais recentemente, a pandemia de Covid-19 reforçou a necessidade de desenvolvimento acelerado de soluções tecnológicas, incluindo aquelas voltadas ao setor ambiental.

Nota-se, entretanto, que o emprego destas ferramentas ainda é limitado na consultoria ambiental, o que se deve, pelo menos parcialmente, aos seguintes fatores: inviabilidade financeira, sobretudo considerando a alta do dólar em anos mais recentes para aquisição de equipamentos ou licenças de softwares; sobrecarga da equipe técnica, que não tem tempo para avaliar e adaptar novas tecnologias; ausência de estudos atestando a aplicabilidade das novas tecnologias às demandas do setor; resistência por parte das equipes técnicas, que temem ser 'substituídas' por novas tecnologias; receio de que órgãos ambientais não aceitem tais tecnologias aplicadas na confecção dos estudos; simples desconhecimento de que tais soluções podem ser utilizadas no dia a dia da consultoria; ou mesmo falta de interesse em inovar por parte dos tomadores de decisão.

Soma-se a este cenário a redução dos investimentos nos órgãos ambientais e intervenientes e nas políticas públicas ambientais, levando à desarticulação de departamentos antes dedicados exclusivamente ao licenciamento ambiental. Tal fato se reflete na redução orçamentária e de efetivo por parte dos órgãos ambientais estaduais e federal, baixa disponibilidade de cursos e treinamentos para o corpo técnico remanescente, sucateamento de equipamentos e tecnologias de suporte para análise e mesmo armazenamento dos estudos ambientais, dentre outros prejuízos.

De toda forma, o chamado à inovação e à atualização, e mesmo à reinvenção do setor de licenciamento ambiental é premente, elevando o rito processual à protagonista de políticas públicas orientadas à sustentabilidade e diminuição do sofrimento humano, dirigida aos desafios que se apresentam para esta e para as próximas gerações. E é para fazer frente a este desafio e às incertezas futuras que o Licenciamento Ambiental 4.0 é proposto.

3 I O QUE É O LICENCIAMENTO AMBIENTAL 4.0

O L.A. 4.0 representa a quebra de desgastados paradigmas que se apresentam em toda a cadeia do licenciamento ambiental, assim como a proposição de novas fronteiras adaptadas às profundas transformações vividas pelo setor ambiental e pela sociedade nas últimas décadas, sobretudo a partir da inclusão de novas tecnologias e inovações disruptivas que fundamentam a Economia Digital e a chamada Indústria 4.0, também chamada de Quarta Revolução Industrial (SCHWAB, 2018).

Para entender o ponto de inflexão que se apresenta ao setor de licenciamento ambiental atualmente, é necessário um breve passo atrás, para revisitar a história recente

e compreender a natureza das transformações.

3.1 Um Passo Atrás: A Natureza das Transformações

Assim como a indústria evoluiu dos motores a vapor para a máquina hidráulica até chegar à robótica e a algoritimização das linhas de produção, o licenciamento ambiental também está sendo forçado a avançar e estabelecer novas fronteiras.

A Primeira Revolução Industrial foi um período de grandes transformações tecnológicas e financeiras, abrindo espaço para a consolidação do capitalismo que hoje conhecemos, ainda que esse não fosse o seu objetivo na metade do século retrasado, quando se estabeleceu. Ou seja, quando um processo transformador tem início, não é possível saber ou prever sua evolução e possíveis desdobramentos que resultem da sua interação com o meio, ou ainda que legados ele deixará à humanidade.

Guardadas as devidas e óbvias proporções, arrisca-se traçar paralelos entre o licenciamento ambiental e a Primeira Revolução Industrial. Ainda que o licenciamento tenha nascido no auge da expansão dos microcomputadores e popularização das tecnologias portáteis na transição entre as décadas de 1980 e 1990, ou seja, muito recentemente em termos históricos.

Da mesma forma com que a indústria passou dos trabalhos manuais ao semimecanizado, automatizado e hoje robotizado e algoritimizado, o licenciamento ambiental atravessou o esforço manual em seu início – ainda que com o uso de microcomputadores –, gradualmente cedendo às atividades semiautomatizadas e facilitadas pela massificação dos computadores e imagens de sensores remotos, e finalmente pela introdução da internet e de softwares para manipulação de dados, e a partir daí para bancos de dados semiestruturados e estruturados e *cloud computing*, capazes de lidar e armazenar grande volume de informações (*big data*).

A partir desta etapa, as principais mudanças deixam de ser graduais, e passam a se caracterizar como 'saltos', frequentemente exponenciais, acompanhando a curva de desenvolvimento tecnológico. É neste ponto de inflexão que surge o Licenciamento Ambiental 4.0, e com ele a massificação do uso de sistemas para coleta, manipulação e estruturação de dados, o emprego de drones, VANTs e LiDAR, a automatização no reporte de informações (utilizando, por exemplo, LaTeX e SaaS), a criação de modelos análogos utilizando realidade virtual e aplicações com uso de inteligência artificial, dentre várias outras possíveis.

Além destes, a distinção do L.A. 4.0 para o modelo tradicional reside, sobretudo, no grande volume de dados e informações gerados e acumulados. A partir de ferramentas de inteligência artificial e *big data*, torna-se possível, por exemplo, a mineração de dados em estudos pretéritos, ampliando exponencialmente a quantidade de dados passíveis de análise e correlação em novos estudos.

Diz-se que 'dado é o novo petróleo', de modo que a vasta quantidade de estudos executados ao longo das últimas décadas nos processos de licenciamento ambiental representa alguns dos melhores e mais produtivos 'poços petrolíferos' de fontes de dados. Regiões extensivamente estudadas, alvo de inúmeros processos de licenciamento, certamente podem ser consideradas como destacados 'campos produtores'.

Na nova fronteira do licenciamento ambiental, os dados coletados são tão valiosos quanto a desejada Licença Ambiental.

A relação entre as revoluções industriais, as transformações tecnológicas ao longo do tempo e o atual estágio do licenciamento ambiental são representadas pela Figura 1.

Sabendo-se dos principais fatores que têm impactado o setor de licenciamento ambiental desde a sua origem, e partir do desejo de transformação deste instrumento administrativo para o futuro, são propostos os fundamentos do Licenciamento Ambiental 4.0, descritos na sequência.

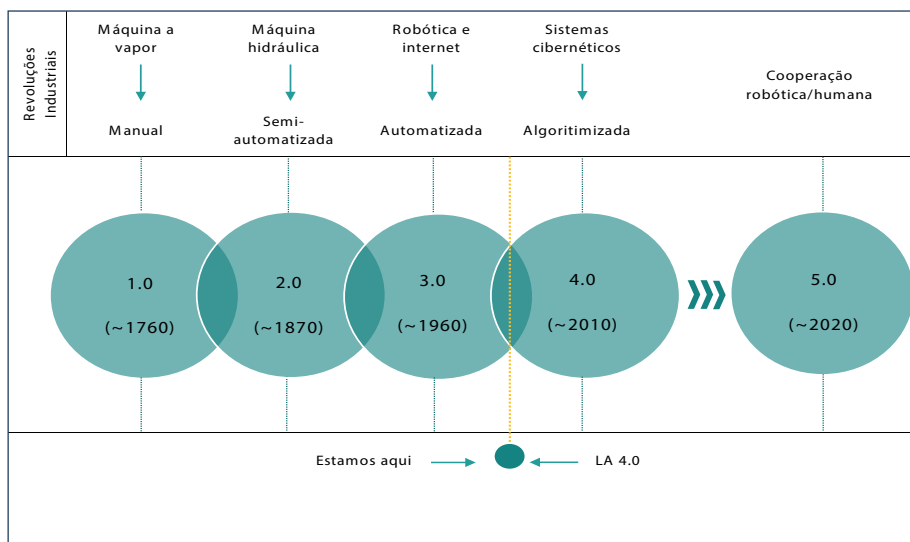



Figura 1. Comparação entre as revoluções industriais, as transformações tecnológicas e o estágio atual do Licenciamento Ambiental.

3.2 Os Pilares do Licenciamento Ambiental 4.0

O L.A. 4.0 é apoiado sobre três pilares fundamentais: **Governança, Simplificação e Transformação Digital** (Figura 2). A forma triangular de representação aponta para a equidade e interdependência dos pilares, ou seja, todos são igualmente importantes e codependentes. Este é o ponto ótimo, em que a construção dos pilares se dá de forma simultânea e uniforme. Todavia, frente à crescente tendência de precarização do setor ambiental, é esperado e compreensível que a construção se dê gradualmente, um pilar por

vez, dentro das condições possíveis para cada ambiente (organizações privadas, órgãos públicos e comunidades).

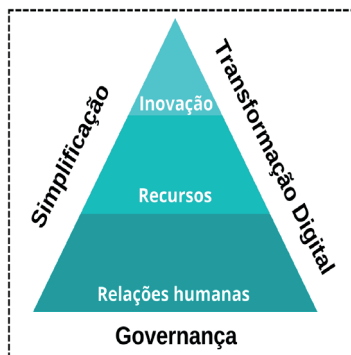



Figura 2. Os pilares do Licenciamento Ambiental 4.0.

Os pilares, por sua vez, são sustentados por relações humanas saudáveis, que se traduzem no aumento da qualidade de vida para todos os operadores do licenciamento, que vão desde os contratantes dos estudos (empreendedor), os seus executores e os analistas dos órgãos ambientais e intervenientes, até as comunidades afetadas pelos empreendimentos. Quando assimiladas pelos operadores, as relações humanas saudáveis e equilibradas favorecem o uso racional dos recursos, sejam eles escassos ou não, uma vez que se abre espaço para reflexão acerca da melhor forma de atendimento às demandas, o que frequentemente se traduz em simplificação de produtos e processos, sempre em busca da solução essencial.

É neste ambiente de relações saudáveis, consciência e soluções essenciais que a criatividade, a inovação e a transformação digital surgem, acompanhadas de perto pelas práticas de governança corporativa.

- **Governança**

A nova fronteira do licenciamento ambiental exige a valorização das relações humanizadas e a preservação do capital social e natural como bases para a longevidade e valor econômico dos projetos, das empresas e dos seus investidores, cuja existência deve, idealmente, se alinhar e servir ao bem comum. Em outras palavras, governança pressupõe a existência de propósito e valor nos negócios para além do lucro.

As ferramentas e processos empregados para alinhar o propósito do licenciamento enquanto agente de políticas públicas, aos propósitos do empreendimento, do empreendedor e dos operadores do licenciamento é que definem a Governança Participativa. Ao agregar princípios de transparência, participação e *accountability*, o L.A. 4.0 permite o aprimoramento

e democratização do processo, estando alinhado com a política de Governo Aberto.

Desta forma, o seu potencial está em um maior consenso possível quanto à forma de enfrentar os problemas socioambientais que se multiplicam, e o desenho da gestão para a sustentabilidade, onde a participação descentralizada e corresponsável sejam a tônica do processo. Pressupõe atuação em rede, de forma integrada, permitindo a definição de ações estratégicas e estruturais e o protagonismo dos atores envolvidos na cadeia do licenciamento.

A crescente disponibilidade de dados públicos em formato aberto em temas ambientais e de uso da terra, assim como o aumento da capacidade de análise e processamento desses dados, atrelados ao desenvolvimento de material com linguagem acessível e a consequente inclusão de grupos mais vulneráveis no processo decisório, permitem a inovação no diálogo e participação efetiva da comunidade e outros intervenientes do processo. Cria-se, então, abertura para a chamada 'inovação aberta' (CHESBROUGH, VANHAVERBEKE & WEST, 2017), utilizando-se da inteligência coletiva dos operadores do licenciamento para acelerar os processos de inovação.

A geração de valor compartilhado, transparência e propósito passaram a ser qualidades diferenciais de reputação para as organizações, sejam elas públicas ou privadas, pois fazem mais sentido em um cenário de ascensão do conceito de interdependência evidenciado pelo mercado. As organizações que possuem a sustentabilidade de forma transversal a sua estratégia serão as grandes protagonistas dessa transformação, apresentando soluções para uma nova forma de criar valor, muito diferente de gerar resultados.

- **Simplificação**

Ao longo dos anos, os diagnósticos temáticos, que são o corpo estruturante dos estudos de impacto ambiental, foram se distanciando da sua essência, que é dar subsídios à análise dos impactos associados aos empreendimentos e respectivas ações mitigantes. Com alguma frequência, tais capítulos são insuficientes para a adequada caracterização do ambiente, apesar do expressivo volume de dados apresentados.

A simplificação de conteúdo surge, então, como uma das principais forças do L.A. 4.0, orientando os estudos para os riscos e impactos causados pelos empreendimentos, assim como para as medidas preventivas, de mitigação ou compensação. Para tanto, é necessário o resgate dos conteúdos que são realmente essenciais para atender aos estudos com qualidade, rigor técnico e agilidade, dando segurança jurídica aos executores (empreendedores, consultorias e consultores) e analistas dos órgãos ambientais e intervenientes.

Para auxiliar na apresentação dos dados e informações essenciais, os estudos podem se utilizar de ferramentas compatíveis com a Economia Digital, a exemplo de

data storytelling, experiência do usuário (UX) e design de interface (UI), adaptados aos diferentes formatos e tecnologias e possibilidades de acesso.

A simplificação é um chamado a adaptar o saber acadêmico e científico ao processo de licenciamento ambiental e às novas demandas que a Indústria 4.0 traz, sobretudo em relação à agilidade, facilitando a assimilação de conteúdo por todos os seus operadores, assim como a checagem e a revisão por pares e sociedade civil, tornando-o mais democrático.

A busca pelo essencial é uma estratégia desenhada como método, tratada neste trabalho sob o viés do **essencialismo**, entendido como a priorização focada (MCKEOWN, 2015). Trata-se de focar no que é essencial ao processo de licenciamento, uma vez que capital natural, capital humano e tempo são recursos escassos. A simplificação (ou essencialismo), portanto, permite processos mais ágeis e análises mais seguras, técnica e juridicamente, focadas no que é essencial à avaliação de impactos e suas medidas mitigatórias, que são as partes do estudo que se materializam nas comunidades impactadas.

Não se trata de desvalorizar o saber acadêmico ou os profissionais que se dedicam a apresentar os estudos ambientais com esmero. Simplificar também não significa sucatear visando unicamente a redução de custos, ainda que a simplificação também seja baseada na racionalização consciente de recursos, uma vez que os projetos de licenciamento têm cada vez mais restrições orçamentárias, cada vez menos profissionais trabalhando neles e cada vez menos prazo para execução e implementação.

- **Transformação digital**

A transformação digital é uma realidade em curso no setor ambiental há alguns anos. São várias as iniciativas ao longo da cadeia de licenciamento, desde a otimização e digitalização de processos até a coleta e tratamento automatizado de dados. O amplo uso de coletores de dados em campo, transmissão telemétrica e emprego de drones são exemplos disso. Assim como a geração automática de relatórios e sistemas de gestão integrados. A tendência é de que essas iniciativas sejam extrapoladas e incorporadas em todas as etapas do licenciamento e a todos os seus operadores, ainda que gradualmente.

Não se resume à inserção e uso de tecnologias e dispositivos de última geração. A transformação digital exige uma nova forma de pensar e executar os estudos elaborados, mais dinâmica e interativa, fundamentada em dados estruturados (*data driven*) e na experiência do usuário, ampliando a possibilidade de análises, validação e checagem. Ela também deve ser lúdica e esteticamente agradável, facilitando a assimilação e disseminação do conteúdo, principalmente pelas comunidades mais vulneráveis impactadas pelos empreendimentos.

A transformação digital entende que as tecnologias são 'meio', e não 'fim', devendo ser incorporadas com propósito e foco em resultados quantificáveis, e não apenas inovar

por inovar (CHRISTENSEN, 2012). A transformação digital só terá validade se tiver como propósito a melhoria das condições de vida de todos os envolvidos na cadeia do licenciamento. Não há mudança que se justifique sem haver ganho humanizado.

4 I UM PASSO À FRENTE: A VISÃO DO L.A. 4.0 SOBRE OS FUTUROS POSSÍVEIS

A termo 'Licenciamento Ambiental 4.0' poderia ser apenas mais um entre outros tantos surgidos nos últimos anos para fazer referência à introdução de tecnologias ou mudanças setoriais acompanhadas de movimentos disruptivos. Ainda que o L.A. 4.0 se proponha a fomentar impactos desta magnitude, estes somente serão tangíveis a partir da efetiva prática e implementação de ações concretas. Tal prática passa pelo reconhecimento do atual estágio, enquanto civilização e enquanto operadores do licenciamento ambiental, identificando as inter-relações entre ambos, suas limitações e forças.

Para isso, é relevante reconhecer os marcos que definem a passagem do tempo. Não apenas para contar a história já vivida, mas para melhor vivê-la enquanto está sendo escrita, e para que sejamos partícipes ativos da sua construção. Esse é o caso de quem opera o licenciamento ambiental atualmente, especialmente os que executam e analisam os estudos, muitas vezes assolados por desconfortos, receios e dúvidas que resultam, em boa parte, da vivência em primeira mão da precarização do setor e dos reveses econômicos.

O licenciamento ambiental teve uma promissora fase entre o final da década de 1980 e início da década de 1990, teve seu auge em meio ao *boom* da infraestrutura brasileira nos anos 2000, e agora vê a curva de degeneração do setor cumprindo sua trajetória descendente. Assim como todos os processos finitos, à semelhança da natureza e da vida humana, possui um começo, um meio e um fim.

A fase atual é apenas mais um marco na trajetória do licenciamento ambiental, que indica, muito longe de um fim, uma possibilidade de recomeço, de reconstrução a partir de novas bases e consensos, que compreendam o mundo em que vivemos hoje e as suas necessidades mais prementes: a diminuição do sofrimento humano, diretamente dependente da manutenção do meio ambiente equilibrado e das relações humanas saudáveis.

Nesse cenário, o L.A. 4.0 entende 'meio ambiente' como o conjunto inter-relacionado e sinérgico dos componentes bióticos, abióticos e sociais em suas dimensões tangíveis (materiais) e intangíveis (imateriais). Pressupõe-se, portanto, a inserção do ser humano e de suas relações e construções como agentes participativos do meio ambiente, atuando idealmente em horizontalidade aos demais componentes.

Sendo assim, propõe-se que os empreendimentos e os empreendedores, as comunidades afetadas e os executores e analistas da cadeia do licenciamento ambiental também sejam compreendidos como componentes do meio ambiente, travando relações

recíprocas e que se retroalimentam. Nesse cenário, o resultado almejado de um estudo ambiental não é simplesmente a obtenção de uma licença ou atestado de viabilidade de um empreendimento (marcos tangíveis), mas também os ganhos de capital para os demais stakeholders, incluindo comunidades afetadas e os operadores do licenciamento (marcos intangíveis), gerando soluções socioambientais de longo prazo (legado).

O ponto ótimo até então praticado, que envolve a equação ‘custo x recursos humanos x prazo’ – ou seja, orçamento mínimo, equipe técnica enxuta e prazos de entrega cada vez mais exíguos –, é calibrado para a equação ‘recursos x essencialismo x legado’. Em outras palavras: quais recursos estão disponíveis (humanos, financeiros, de tempo etc.) para construir uma solução essencial e suficiente para que sejam gerados resultados em todas as suas dimensões, estabelecendo um legado a todos os envolvidos.

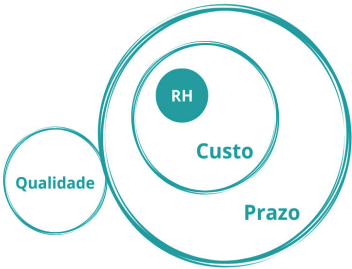
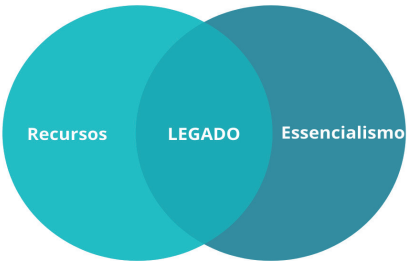
Propõe-se, portanto, a ampliação do foco dos produtos e marcos tangíveis, a exemplo do EIA/RIMA ou de uma licença ambiental, para as relações e marcos intangíveis, como a melhoria da qualidade de vida da comunidade afetada, a produtividade e ganho de capital para os operadores do licenciamento, a economia de recursos e a disseminação de conhecimento, com base na inovação aberta. A Figura 3 sintetiza os principais pontos de comparação entre o licenciamento ambiental tradicional e o L.A. 4.0.

L.A. Tradicional	L.A. 4.0
• Custo x recursos humanos (RH) x prazo	• Recursos x essencialismo x legado
• Prazo se sobrepõe: essa priorização beneficia poucos, ao custo de muitos	• Legado se sobrepõe: foco no ganho de capital tangível e intangível para todos os operadores do LA
• Qualidade técnica é sobrepujada com frequência	• Qualidade técnica é intrínseca ao essencialismo
• Visão reducionista: um novo estudo é apenas um velho estudo adaptado, feito a partir de ‘copia e cola’	• Visão holística: cria-se um estudo a partir de uma base de dados estruturada, multidisciplinar e em rede
• Apresentação de dados telegráficos e descontextualizados, de forma textual e cartesiana	• Análise de dados estruturados e correlacionáveis, sobretudo de forma gráfica, interativa e lúdica
• A obtenção (e a manutenção) da licença é a meta, e os operadores são as ferramentas	• O legado é a meta, e a obtenção da licença é uma das etapas do processo

Figura 3. Resumo dos principais aspectos do Licenciamento Ambiental 4.0 comparados àqueles do licenciamento ambiental tradicional.

CONCLUSÕES

O Licenciamento Ambiental 4.0, apoiado sobre os pilares Governança, Simplificação e Transformação Digital, visa reduzir o descompasso entre o setor ambiental e a Economia Digital, ou Indústria 4.0, já francamente estabelecida em vários outros setores e atividades. O resultado almejado é a reestruturação da cadeia do licenciamento ambiental e o seu posicionamento como protagonista de políticas públicas, alinhando-o a ações e iniciativas que visem a conservação do meio ambiente equilibrado e saudável, a efetividade dos processos e diminuição da sobrecarga de trabalho, e o progresso tecnológico de base aberta.

O L.A. 4.0 é um convite à construção de futuros possíveis, estruturados a partir do compromisso em melhorar a qualidade de vida de todos os operadores do licenciamento e da manutenção da qualidade ambiental para esta e as futuras gerações, a partir de um olhar inovador sobre as pessoas, os recursos e os processos, em sinergia às tecnologias disponíveis – estas últimas entendidas como meio, não fim, e sempre a serviço do propósito.

REFERÊNCIAS

BRASIL. *Constituição de 1988.* Constituição da República Federativa do Brasil: promulgada em 5 de outubro de 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em: abr. 2022.

BRASIL. *Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981*. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Publicada no DOU de 02 de setembro de 1981.

BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. *Plano Nacional de Energia 2030.* Ministério de Minas e Energia; colaboração Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME: EPE, 2007.

CHESBROUGH, H.; VANHAVERBEKE, W.; WEST, J. *Novas Fronteiras em Inovação Aberta*. São Paulo, Blucher, 2017.

CHRISTENSEN, C.M. *O Dilema da Inovação: Quando as Novas Tecnologias Levam Empresas ao Fracasso*. São Paulo, MBooks, 2012.

MACKEY, J.; SISODIA, R. *Capitalismo Consciente: Como libertar o espírito heroico dos negócios*. Rio de Janeiro, Alta Books, 2018.

MCKEOWN, G. *Essencialismo: A disciplinada busca por menos*. Rio de Janeiro: Sextante, 2015.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)*. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: abr. 2022.

SCHWAB, K. A Quarta Revolução Industrial. Edipro, 2018. 164p.

SISODIA, R. GELB., M.J. *Empresas que curam*. Editora Alta Books, 2020.

LUIS RICARDO FERNANDES DA COSTA: Professor do Departamento de Geociências e do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES. Atualmente é Chefe do Departamento de Geociências (gestão 2023/2024). Foi Coordenador Didático do Curso de Licenciatura em Geografia (gestão 2021/2022). Doutor em Geografia (2017) pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará, com período sanduíche na Universidade de Cabo Verde - Uni-CV. É Licenciado (2012) e Mestre (2014) em Geografia pela Universidade Federal do Ceará (UFC). É pesquisador do Laboratório de Geomorfologia da UNIMONTES, com atuação na área da geografia física com ênfase em geomorfologia, mapeamento geomorfológico e análise ambiental em áreas degradadas/desertificadas.

GEO CIÊNCIAS

desafios para o desenvolvimento e o equilíbrio do meio físico

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

@atenaeditora

www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Ano 2023

GEO CIÊNCIAS

desafios para o desenvolvimento e o equilíbrio do meio físico

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Ano 2023